

DUE DATE SLIP**GOVT. COLLEGE, LIBRARY**

KOTA (Raj)

Students can retain library books only for two weeks at the most

BORROWER S No	DUE DATE	SIGNATURE

पादप पारिस्थितिकी, पादप भूगोल एवं जैव सांख्यिकी

(Plant Ecology, Phyto-geography & Biostatistics)

प्रो० एल एन व्यास
सेवानिवृत्त प्रोफेसर
वनस्पतिशास्त्र
मुखाडिया विश्वविद्यालय
उदयपुर

डॉ० आर के गर्ग
वनस्पतिशास्त्र विभाग
विद्या भवन कूरल इन्स्टीट्यूट
उदयपुर

डॉ० पी पी पालीवाल
वसतिशास्त्र विभाग
एम एस जे महाविद्यालय
भरतपुर

डॉ० एस के सांखला
वनस्पतिशास्त्र विभाग
राजकीय महाविद्यालय
चित्तौडगढ़

१९७३

हिमांशु पब्लिकेशन्स

दिल्ली

उदयपुर

हिमाशु पब्लिकेशन्स्

439/4 प्रकाश हाउस
अन्सारी रोड दरियागज
दिल्ली - 110002

5 क 51 राम सिंह की बाड़ी
सेक्टर 11 उदयपुर 313001 (राजस्थान),
फोन 83102

ISBN 81-85167-73-7

© लेखकगण

मूल्य ~~₹ 25.00~~

वितरक

आर्य बुक सेंटर
हॉस्पिटल रोड
पोस्ट बॉक्स 61, उदयपुर-313001

विषय सूची

पृष्ठ

खण्ड (अ) पादप पारिस्थितिकी

1	पारिस्थितिकी	1-5
2	पर्यावरणीय कारक	6-51
3	पादप समुदाय	52-64
4	पारिस्थितिक तंत्र	65-82
5	पर्यावरणीय प्रदूषण	83-106
6	प्राकृतिक ससाधनों का संरक्षण एवम् प्रबन्ध	107-135
7	पारिस्थितिक अनुकूलन	136-161
8	राजस्थान की प्राकृतिक वनस्पति	162-174

खण्ड (ब) पादप भूगोल

9	पादप भूगोल-परिचय	175-177
10	भारत के पादप भौगोलिक क्षेत्र	178-188
11	पादप वितरण	189-215

खण्ड (स) जैव सांख्यिकी

12	सांख्यिकी.अर्थ, उद्देश्य, कार्य क्षेत्र व जैवसांख्यिकी	216-224
13	केन्द्रीय प्रवृत्ति के माप	225-276
14	अपकेंद्रित माप	277-308

प्रस्तावना

हिन्दी, भारत की न केवल राष्ट्रभाषा है बल्कि पूरे देश में इसका प्रयोग एक सम्पर्क भाषा के रूप में किया जाता है। भारत जैसे देश में उच्च शिक्षा के क्षेत्र में अभी तक अंग्रेजी भाषा का एकाधिकार बना हुआ था। विज्ञान विषयों में मौलिक शोध एवम् विशिष्ट साहित्यों का अंग्रेजी में प्रकाशन होना तो समझ में आता है लेकिन स्नातक स्तर पर यदि पाठ्य पुस्तकें एवम् सन्दर्भ ग्रन्थों का प्रकाशन हिन्दी में हो तो यह विद्यार्थियों के हित में रहता है।

पूरे देश में 10 + 2 + 3 प्रणाली लागू होने के साथ ही पाठ्यक्रमों में परिवर्तन हुए हैं। सुखाड़िया विश्वविद्यालय दक्षिण राजस्थान का एकमात्र विश्वविद्यालय है। नये पाठ्यक्रम में प्रथम वर्ष में ही पाठ्य-पारिस्थितिकी, पाठ्य भूगोल एवं जैव-सांख्यिकी का समावेश किया गया है। वैसे तो इन विषयों पर अनेक पुस्तकें उपलब्ध हैं लेकिन सुखाड़िया विश्व-विद्यालय के पाठ्यक्रम को ध्यान में रख कर लिखी गई यह प्रथम पुस्तक है।

पुस्तक में भाषा एवं शैली को सरल रखते हुये आधारभूत ज्ञान के समावेश का प्रयास किया गया है। अंग्रेजी शब्दों के हिन्दी शब्द भारत सरकार द्वारा मान्यता प्राप्त ही प्रयोग में लिये गये हैं। यथोचित चित्रों को आवश्यकतानुसार दिया गया है।

प्रस्तुत पुस्तक की रचना एक पाठ्य-पुस्तक के रूप में की गई है, अस्तु, पुस्तक के पूर्णतया मौलिक होने का दावा नहीं किया जा सकता। हम उन सभी विद्वानों के प्रति आभार प्रकट करना अपना कर्तव्य समझते हैं जिनके ग्रन्थों का यथोचित उपयोग इस पुस्तक में किया गया है। पुस्तक के लेखन काल में हमने जिन साधियों, विद्वानों का जो सहयोग मिला है उसके लिये हम उनके आभारी हैं।

हम इस पुस्तक को शिक्षकों एवं विद्यार्थियों को समर्पित करते हुये गौरवान्वित अनुभव करते हैं। सशोधन एवम् परिवर्धन हेतु पाठकों के सुझाव सादर आमन्त्रित हैं।

खण्ड (अ) पादप पारिस्थितिकी (Plant Ecology)

अध्याय : 1

पारिस्थितिकी (Ecology)

(अ) परिचय :

पादप पृथ्वी के हर भाग पर अर्थात् सर्वत्र स्थानों पर पाये जाते हैं। ये पहाड़ों की चोटियों पर जो बर्फ से ढकी रहती है, नदियों में, गर्म जल के झरनों में, मरुस्थल की शुष्क भूमि में तथा समुद्र की गहराइयों में भी उगते हैं। शायद ही कोई ऐसा स्थान हो जहाँ किसी न किसी प्रकार के पादप न मिलते हों। ध्यान में रखने योग्य विशेष बात यह है कि पृथ्वी के विभिन्न स्थानों पर पाई जाने वाली पादप जातियाँ भिन्न-भिन्न होती हैं, जैसे - कमल जल में उगता है, पहाड़ों की चोटी या मरुस्थल में नहीं। क्या आपने कभी सोचा कि इसका कारण क्या है ?

प्रत्येक जीव का स्वभाव, स्वरूप एवं संरचना आदि उसके आनुवांशिक लक्षणों पर तो निर्भर करते ही हैं, इन पर वातावरण का भी विभिन्न प्रकार से प्रभाव पड़ता है। इन कारणों के प्रभाव के साथ तालमेल बनाये रखने के लिये जीव अपने आप को अनुकूलित कर लेता है। भिन्न-भिन्न स्थानों पर वातावरणीय कारक भी भिन्न-भिन्न होते हैं। यही कारण है कि भिन्न-भिन्न स्थानों पर भिन्न-भिन्न प्रकार के पादप पाये जाते हैं, जैसे - जल में उगने वाले पौधे कमल आदि, मरुस्थली जलवायु में नहीं उग पाते। इसी प्रकार जल में मरुस्थली पादपों की उगने की सम्भावना नहीं रहती। इससे स्पष्ट होता है कि पादपों एवं वातावरण का एक सीधा सम्बन्ध रहता है और यही कारण है कि भिन्न-भिन्न स्थानों में वातावरण के अनुसार पादप उगते हैं।

(ब) परिभाषा :

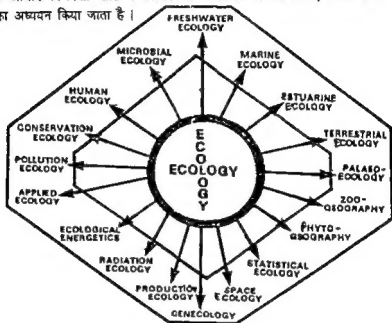
वैज्ञानिकों ने पादपों व जन्तुओं पर पर्यावरण के विशेष प्रभाव को देखते हुये विज्ञान की एक नई शाखा को रूप दिया। प्रारम्भ में पादप तथा जन्तु पारिस्थितिकी विज्ञान को पृथक्-पृथक् रखा गया था किन्तु व्यवहारिक दृष्टि से पादपों एवं जन्तुओं को पृथक्-पृथक् रख कर पारिस्थितिकी का ज्ञान अर्जित करना सही नहीं रहेगा। पारिस्थितिकी (Ecology) शब्द दो ग्रीक शब्दों से मिलकर बना है - *Oikos* = House (आवास), *Logos* = Study (अध्ययन), अतः इस शब्द से यह स्पष्ट होता है कि यह विज्ञान की वह शाखा है जो जीव और उसके पर्यावरण के आपसी सम्बन्ध को दर्शाता है। इस शब्द का सर्वप्रथम प्रयोग प्राणी वैज्ञानिक रैडर (Reiter) ने किया, बाद में हेकेल (Haeckel), ओडम (Odum) आदि वैज्ञानिकों ने इसे अनेक प्रकार से परिभाषित किया। हेकेल की परिभाषा के अनुसार पारिस्थितिकी विज्ञान की वह शाखा है जिसके अंतर्गत जीवों और उनके बाह्य वातावरण के पारिस्थितिक सम्बन्धों का अध्ययन किया जाता है।

पादप पारिस्थितिकी के तीन पहलू या शाखाएँ हैं -

(1) स्वपारिस्थितिकी (Autecology) :- इसके अंतर्गत एक ही जाति के पादप का इसके पर्यावरण के साथ सम्बन्धों का अध्ययन किया जाता है।

(2) समुदाय पारिस्थितिकी (Syn-ecology) :- इसके अन्तर्गत किसी पादप समुदाय (समूह) तथा उनके वातावरण सम्बन्धों का अध्ययन किया जाता है।

(3) जीन-पारिस्थितिकी (Gene-ecology) :- इसके अन्तर्गत आनुवांशिकी क्षमता के आधार पर किसी जाति में पर्यावरण के प्रभाव से जो विभिन्नताएँ उत्पन्न होती गई उनका अध्ययन किया जाता है।



चित्र 1.1 पारिस्थितिक विज्ञान की विभिन्न शाखाएँ

उपरोक्त शाखाओं के अतिरिक्त पारिस्थितिकी को कुछ अन्य उप शाखाओं में विभाजित किया गया है जैसे

(1) जनसंख्या पारिस्थितिकी (Population ecology) : एक ही जाति के जीव-समूह पर वातावरण के प्रभावों का अध्ययन।

(2) पारिस्थितिक - तंत्र पारिस्थितिकी (Ecosystem ecology) : सभी जीव (पादप एवं जन्तु), भौतिक प्रक्रियाओं तथा रासायनिक चक्रों का सम्मिलित अध्ययन।

(3) अलवणीय जल पारिस्थितिकी (Fresh water ecology) : तालाब, झील, नदी आदि अलवणीय जल के जीवों व उसके वातावरण का अध्ययन। इसे सरोवर विज्ञान (limnology) भी कहते हैं।

(4) सबलीय जल या समुद्री पारिस्थितिकी (Marine ecology) : समुद्र एवं महासागर में पाये जाने वाले जीवों व वातावरण कारकों का अध्ययन।

(5) **पादप भूगोल (Phyto-geography)** : पादपों का भौगोलिक वितरण सम्बन्धी अध्ययन ।

(6) **विकिरण पारिस्थितिकी (Radiation ecology)** : विभिन्न जीवधारियों तथा उनके वातावरण पर रेडियोधर्मिता के प्रभाव का अध्ययन ।

(7) **अंतरिक्ष पारिस्थितिकी (Space ecology)** : विभिन्न जीवधारियों तथा उनके वातावरण पर अंतरिक्ष के वातावरण के प्रभाव का अध्ययन ।

(8) **उत्पादन पारिस्थितिकी (Production ecology)** : प्राकृतिक साधनों द्वारा जीव-धारियों का उत्पादन बढ़ाने का अध्ययन उत्पादन पारिस्थितिकी कहलाता है ।

(9) **संरक्षण पारिस्थितिकी (Conservation ecology)** : विभिन्न प्राकृतिक साधनों (जल, वायु, खनिज, जीव-जन्तु आदि) के संरक्षण पूर्ण सदुपयोग का अध्ययन ।

(10) **मानव पारिस्थितिकी (Human ecology)** : मानव पारिस्थितिकी की विशेषताओं का अध्ययन ।

(11) **ऊर्जात्मक पारिस्थितिकी (Ecological energetics)** : विभिन्न पारितंत्रों में ऊर्जा के प्रवाह का अध्ययन ।

(12) **प्रदूषण पारिस्थितिकी (Pollution ecology)** : प्रदूषण के कारण, प्रभाव व निदान के उपायों का अध्ययन ।

(13) **जीवाश्म पारिस्थितिकी (Paleo ecology)** : विलुप्त हो गये जीवधारी जिनके अब जीवाश्म ही मिलते हैं, उसके वातावरण का अध्ययन ।

(स) पारिस्थितिकी विज्ञान के अध्ययन का उद्देश्य एवं महत्व :

पारिस्थितिकी विज्ञान ने सर्वाधिक सफलता 19वीं शताब्दी में प्राप्त की जब इस पृथ्वी पर मानव को अपना अस्तित्व समझने का ज्ञान प्राप्त हुआ । मानव अब समझने लगा है कि यदि पर्यावरण के प्रति सुधारात्मक दृष्टि-कोण नहीं अपनाया गया तो मानव सहित सभी जीव-धारियों का अस्तित्व खतरे में पड़ जायेगा । पृथ्वी पर समस्त प्राणियों की जनसंख्या में भी वृद्धि हुई है जिसके फलस्वरूप प्राकृतिक ससाधनों पर विशेष भार पड़ने लगा है । मानवीय सभ्यता के विकसित होने के साथ-साथ तथा औद्योगीकरण में विस्तार के कारण भी मानव प्राकृतिक ससाधनों का दोहन तीव्र गति से करने लगा है । प्राकृतिक ससाधनों की कमी के साथ-साथ औद्योगीकरण से निकले अपशिष्ट पदार्थ, गैस, द्रव या ठोस पदार्थ के रूप में पर्यावरण को दूषित कर रहे हैं । हरित-क्रान्ति के कारण फसलों की उपज बढ़ाने के लिए मानव विभिन्न कीट-नाशक एवं उर्वरकों का उपयोग करने लगा है जिसके फलस्वरूप मृदा की उर्वरता में कमी होने लगी है । औद्योगिक क्षेत्रों से विभिन्न प्रकार के अपशिष्ट पदार्थ, नदियों, तालाबों, झीलों व समुद्रों में डाले जा रहे हैं जिसके फलस्वरूप जल प्रदूषण बढ़ रहा है तथा विभिन्न प्रकार के रोग जन्म ले रहे हैं ।

मानव स्वयं एक जीवधारी है और वह अपने भोजन, आवास, कपड़े, दवाइयों व अन्य आवश्यकताओं के लिए विभिन्न जीवधारियों एवं पारिस्थितिक तंत्र के अजीब

घटकों पर निर्भर रहता है। इसके अतिरिक्त मानव शरीर की सम्पूर्ण जैविक क्रियाओं पर पारिस्थितिकी का सीधा प्रभाव पड़ता है। अतः मानव समाज की विभिन्न आर्थिक समस्याओं का समाधान पारिस्थितिकी से ही है, विशेषतः बढ़ती हुई आबादी के कारण पारिस्थितिकी का ज्ञान और भी अधिक महत्वपूर्ण हो गया है।

जंगलों में पेड़ों की अघाघुघ कटाई से भूमि कटाव होता जा रहा है, तथा मृदा अपरदन की समस्या बढ़ती जा रही है। यही मृदा वर्षा ऋतु में बह कर झीलों व तालाबों में जमने लगी है जिसके कारण उनकी भरण क्षमता कम होने लगी है।

उपरोक्त विवरण से यह स्पष्ट हो जाता है कि पारिस्थितिकी तंत्र के विभिन्न घटक — अजैविक (वायु, जल, एवं मृदा) तथा जैविक (विभिन्न पादप व जन्तु) पर्यावरण प्रदूषण से प्रभावित होते जा रहे हैं। मानव भी इससे अछूता नहीं रहा है।

इस विषय स्थिति को देखते हुये अपने जीवन को स्वस्थ एवं सुरक्षित बनाये रखने के लिए पारिस्थितिकी का पूर्ण ज्ञान होना आवश्यक है और इसी ज्ञान के माध्यम से तथा पारिस्थितिकी तंत्र के अध्ययन से ही मानव जाति का आर्थिक विकास व कल्याण संभव है। इसी महत्ता को समझ मानव जाति के कल्याण के लिए एक विश्वव्यापी कार्यक्रम जिसे अन्तरराष्ट्रीय जीव-विज्ञान कार्यक्रम (International Biological-programme) कहते हैं, चलाया गया है। इस कार्यक्रम का मुख्य विषय “उत्पादन का जैविक आधार और मानव कल्याण (Biological basis of productivity and human welfare) है।” इस कार्यक्रम के माध्यम से विभिन्न देशों के पारिस्थितिकी विशेषज्ञ अपने क्षेत्र के प्राकृतिक ससाधनों के संरक्षण के उपाय तथा आर्थिक महत्त्व की वनस्पतियों एवं जन्तुओं के उत्पादन बढ़ाने के उपाय सुझाने में लगे हैं। इस कार्यक्रम की समाप्ति के पश्चात् एक नया कार्यक्रम प्रारम्भ किया गया है जिसे “मानव एवं जैव मंडल” (Man and Biosphere = MAB) कहते हैं। इसका मुख्य उद्देश्य मानव और पर्यावरण के बीच के सम्बन्ध का अध्ययन करना है।

आप पारिस्थितिकी विज्ञान की उपरोक्त विभिन्न शाखाओं के अंतर्गत पढ़ ही चुके हैं कि प्रदूषण पारिस्थितिकी हमें प्रदूषण के कारण, प्रभाव एवं निदान सुझाती है।

संरक्षण पारिस्थितिकी विभिन्न प्राकृतिक ससाधनों (जल, मृदा, खनिज, जन्तु आदि) के संरक्षण पूर्ण सदुपयोग सुझाती है।

उत्पादन पारिस्थितिकी से प्राकृतिक ससाधनों विशेषकर फसलों एवं जन्तुओं के उत्पादन बढ़ाने के उपायों का ज्ञान होता है। मानव पारिस्थितिकी हमें मानव की आवश्यकताएँ, आचरण व जनसंख्या से उत्पन्न विभिन्न समस्याओं का ज्ञान कराती है।

अतः यह निर्विवाद सत्य है कि पारिस्थितिकी विज्ञान के उद्देश्य बहुत ही स्पष्ट हैं तथा इसका अध्ययन आज की मूलभूत आवश्यकता ही नहीं वरन् अनिवार्यता भी है।

(व) पारिस्थितिकी का विज्ञान की अन्य शाखाओं से सम्बन्ध :

पारिस्थितिकी विज्ञान की सीमाएँ अनन्त हैं तथा इस बात की पुष्टि उपरोक्त विवरण से सुगमता से हो जाती है। पारिस्थितिकी का विज्ञान की अन्य शाखाओं से इतना घना सम्बन्ध है कि इसे उनसे पृथक् करना कठिन है। इस विज्ञान का भौतिक एवं जैविक वातावरण से घनिष्ठ सम्बन्ध होने के कारण जीव-विज्ञान की विभिन्न शाखाएँ जैसे आकारिकी

(Morphology), कार्यिकी (Physiology), आनुवांशिकी (Genetics) तथा अन्य मुख्य शाखाएँ जैसे भौतिक विज्ञान, भूगोल, रसायन विज्ञान, खगोल विज्ञान आदि से घनिष्ठ सम्बन्ध प्रमाणित हो चुका है जो निम्न उदाहरणों से स्पष्ट होता है।

वर्गीकरण विज्ञान :

वर्गीकरण को पारिस्थितिकी के अध्ययन का महत्वपूर्ण आधार माना जाता है क्योंकि इसकी सहायता से विभिन्न स्थानों पर पाये जाने वाले पादप एवं जन्तुओं का वर्गीकरण किया जाता है।

भौतिक एवं रासायनिक विज्ञान :

पारिस्थितिकी के अध्ययन में वातावरण के अनेक भौतिक एवं रासायनिक कारक जैसे — प्रकाश, तापक्रम, वायु, आर्द्रता, सवणता, पी० एच० (pH) तथा जल एवं धूल में उपस्थित विभिन्न रासायनिक तत्वों का अध्ययन महत्वपूर्ण है क्योंकि ये कारक पादपों व जन्तुओं पर प्रभावी होते हैं।

आनुवांशिकी विज्ञान :

जीवधारियों में वातावरण से प्रभावित होकर रूपान्तरित हो जाने की क्षमता होती है। नवीन जातियों एवं प्रजातियों की उत्पत्ति का मुख्य कारण जीवधारियों की वातावरण के प्रति अनुकूलित होने की क्षमता है। अनुकूलन के कारण जीवों में आकार, स्वभाव व अन्य लक्षणों में परिवर्तन होते हैं जो धीरे-धीरे स्थाई हो जाते हैं। प्रकृति द्वारा अनुकूलन परिवर्तनों को स्थायित्व देना प्राकृतिक चयन (Natural Selection) कहलाता है। अतः यह स्पष्ट है कि पारिस्थितिकी का आनुवांशिकता एवं उद्भविकता से निकटतम सम्बन्ध है।

परिमाणात्मक विज्ञान :

इस विज्ञान के अन्तर्गत जीवों एवं समुदायों की गणना उनकी आबादी के घनत्व का सङ्ख्यात्मक एवं मात्रात्मक अध्ययन किया जाता है।

भूगर्भ एवं जलवायु विज्ञान :

इस विज्ञान का ज्ञान होना पर्यावरण के अनेक कारकों के अध्ययन के लिए आवश्यक है। इस विज्ञान से पर्यावरण के जलवायु सम्बन्धी कारक का अध्ययन होता है।

भूगोल के अध्ययन के माध्यम से विभिन्न पादपों एवं जन्तुओं का पृथ्वी के विभिन्न भागों में वितरण का ज्ञान प्राप्त होता है।

अध्याय : 2

पर्यावरणीय कारक

(Environmental Factors)

पृथ्वी पर सभी प्रकार के जीव (पेड़ पौधे एवं जीवाणु) किसी न किसी परिस्थिति अथवा पर्यावरणीय स्थिति में रहते हैं। पेड़ पौधों की विभिन्न क्रियाएँ एवं कार्य प्रणाली, संरचना एवं वृद्धि पर्यावरणीय कारकों पर निर्भर रहती है। प्रत्येक जीव को प्रभावित करने वाले सभी अन्तर्सम्बन्धित (interacting) कारक, जो एक जटिल एवं मिश्रित प्रभाव डालते हैं, पर्यावरण (Environment) कहलाता है। साधारण शब्दों में यह कहा जाता है कि जीवों को चारों तरफ से घेरे हुए वे कारक, जो उन्हें प्रभावित करते हैं, पर्यावरणीय कारक (Environmental factors) कहलाते हैं। इन्हें पारिस्थितिक कारक (ecological factors) भी कहते हैं।

पर्यावरणीय कारक जैविक एवं अजैविक दोनों ही प्रकार के हो सकते हैं। पारिस्थितिक कारकों में भिन्नता के फलस्वरूप एक स्थान की वनस्पति दूसरे स्थान की वनस्पति से भिन्न होती है। यही कारण है कि एक ही प्रकार के पारिस्थितिक लक्षणों में रहने वाली वनस्पतियों में कुछ आकारिकी (morphological) एवं शारीरिक (anatomical) समानता पायी जाती है। वैसे तो विभिन्न प्रकार के कारक अलग-अलग भी वनस्पति को प्रभावित करते हैं लेकिन प्रकृति में पायी जाने वाली वनस्पति उसके चारों ओर उपस्थित सभी कारकों के मिश्रित प्रभाव से प्रभावित होती है। इसी प्रकार जहाँ एक ओर पर्यावरणीय कारक जीव को प्रभावित करते हैं वही जीव भी कारकों को प्रभावित करते हैं। अतः जीव पर्यावरण सम्बन्धों को समझने के लिए हमें समग्रतात्मक दृष्टिकोण (holistic approach) अपनाना होगा।

सभी पर्यावरणीय कारक वनस्पति को समान रूप से प्रभावित नहीं करते। उदाहरणार्थ वायु में उपस्थित ऑक्सीजन अथवा कार्बन डाई ऑक्साइड की मात्रा विभिन्न स्थानों पर लगभग समान (अत्यन्त कम अन्तर) रहती है। अतः विभिन्न स्थानों पर उग रही वनस्पति पर उसका प्रभाव समान रहता है। लेकिन कुछ कारक जैसे मिट्टी में जल की मात्रा, मिट्टी की जल अवशोषण क्षमता अथवा मिट्टी में उपस्थित विभिन्न रासायनिकों की मात्रा भिन्न-भिन्न स्थानों पर भिन्न-भिन्न हो सकती है तथा इस भिन्नता के कारण वहाँ की वनस्पति प्रभावित होती है।

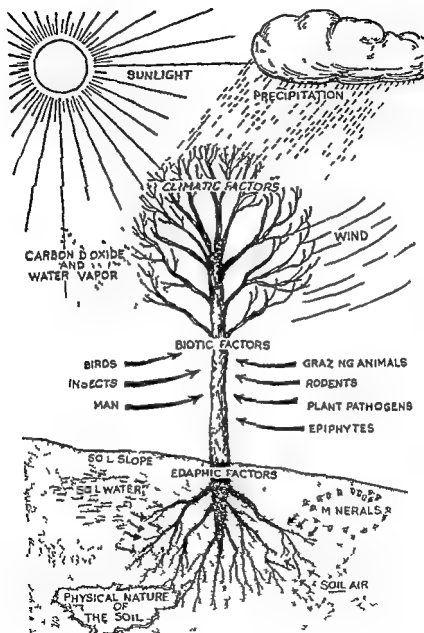
सभी प्रकार के पारिस्थितिक कारकों को, सुविधा की दृष्टि से, निम्न दो भागों में बाटा जा सकता है

(अ) अजैविक अथवा भौतिक कारक (Abiotic or Physical factors)

(ब) जैविक कारक (Biological factors)

भौतिक कारकों को पुनः तीन समूहों में विभाजित किया जा सकता है —

1 जलवायु सम्बन्धी कारक (climatic factors) इसमें प्रकाश, तापमान, वर्षा, वायु, वायुमण्डलीय गैसों आदि का पौधों पर प्रभाव सम्मिलित है।



चित्र 2.1 पौधे को प्रभावित करने वाले पर्यावरणीय कारक

- 2 स्थलाकृतिक कारक (Topographical factors) : इसमें भौगोलिक कारको जैसे - अक्षांश, समुद्र तल से ऊँचाई, भूपृष्ठ, ढाल इत्यादि को सम्मिलित किया गया है।
- 3 मृदीय कारक (Edaphic factors) : ये मिट्टी से सम्बन्धित कारक हैं। इसमें मृदा जल, मृदा वायु, मृदाजीव एवं मृदा के भौतिक तथा रासायनिक गुणों को सम्मिलित किया जाता है।

इस पुस्तक में इस सभी कारकों का विवरण एवं उनका वनस्पति पर प्रभाव की चर्चा आगे के पृष्ठों में की जायेगी। सबसे महत्वपूर्ण और ध्यान देने योग्य बात यह है कि ये कारक कभी अकेले नहीं बल्कि जटिल संयोगों के रूप में कार्य करते हैं और अन्योन्य क्रिया द्वारा एक दूसरे के प्रभाव को परिवर्तित करते रहते हैं। ये कारक प्रत्यक्ष अथवा परोक्ष रूप से पौधों को प्रभावित करते हैं। प्रत्यक्ष कारक वे कारक हैं जो पौधों को सीधे ही प्रभावित करते हैं परन्तु कुछ कारक ऐसे भी होते हैं जो दूसरे कारकों को प्रभावित कर वनस्पति पर प्रभाव डालते हैं एवं परोक्ष कारक कहलाते हैं।

आवास - ऐसा पर्यावरण जिसे पौधा पसन्द करता है उसका आवास कहलाता है। अतः आवास उसके परिवेश (surrounding) को इंगित करता है।

जैसा कि पूर्व में लिखा जा चुका है कि कोई भी कारक अकेला नहीं बल्कि जीव पर सभी कारकों के मिश्रण का प्रभाव होता है। गुड (Good) ने सन् 1935 में अपने 'सहनशीलता तथा सीमाकारी कारकों के सिद्धान्त (Theory of tolerance and Principles of limiting factors)' में इस बात को स्पष्ट किया है कि पादप समुदाय का वितरण प्राथमिक (Primarily) रूप से जलवायवी (climatic) कारकों पर द्वितीयक (Secondarily) रूप से मृदीय कारकों पर और मृदीय कारकों की तीव्रता एवं उपलब्धता से नियंत्रित होता है।

(अ) जलवायु सम्बन्धी कारक (Climatic factors)

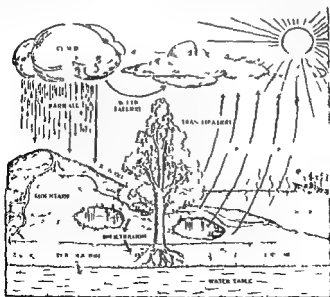
यह देखा गया है कि किसी एक क्षेत्र की जलवायु एक बृहद् क्षेत्र में समान रहती है। भूआकृति या अन्य कारणों से अपेक्षाकृत छोटे क्षेत्र के जलवायु में कुछ भिन्नता पायी जाती है। ये स्थानीय परिवर्तन अथवा सूक्ष्म जलवायु (Micro climatic) परिवर्तन केवल कुछ निश्चित छोटे क्षेत्र तक ही सीमित हैं। उदारणार्थ राजस्थान के सिरोही जिले के सभी स्थानों की जलवायु लगभग समान (uniform) है लेकिन उसी जिले में ऊँचाई पर स्थित होने के कारण आबू पर्वत की जलवायु सिरोही जिले के अन्य स्थानों की जलवायु से भिन्न है। इसी प्रकार पर्वत की ऊँचाई, गहराई ढलान, घनी वनस्पति तथा अपावृत (exposed) एवं अअपावृत (unexposed) स्थानों की जलवायु में परिवर्तन देखे जा सकते हैं।

जलवायवी कारकों में हम वर्षण (Precipitation), वायुमण्डलीय आर्द्रता, प्रकाश, तापमान, वायु वेग तथा दिशा एवं वायुमण्डलीय गैसों का प्रमुख रूप से अध्ययन करेंगे।

(ii) वर्षण (Precipitation)

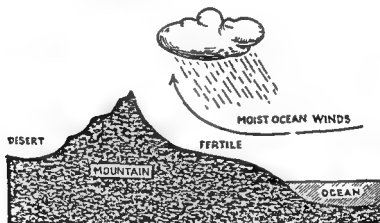
वर्षा, ओले, हिम तथा ओस सभी के लिए सम्मिलित शब्द वर्षण है। इसमें सर्वाधिक महत्व वर्षा का है। पौधों को जल की उपलब्धता वर्षण पर निर्भर है। पादप समुदाय के प्रकार एवं उनका वितरण जल की उपलब्धता से नियंत्रित होता है। वर्षा से मृदा जल एवं वायुमण्डलीय आर्द्रता बढ़ जाती है। अधिकतर पौधे मिट्टी से ही जल अवशोषित करते हैं। कुछ अधिपादप (जैसे - ऑरकीड आदि) वायुमण्डलीय आर्द्रता से जल का अवशोषण कर सकते हैं।

वायुमण्डल से जल वर्षण के रूप में पृथ्वी पर आता है और पृथ्वी से वायुमण्डल को वाष्पोत्सर्जन एवं वाष्पीकरण की क्रिया द्वारा पहुँचता है। इस प्रकार वायुमण्डल एवं स्थलमण्डल के बीच जल का आदान प्रदान लगातार चलता रहता है। पृथ्वी तथा वायुमण्डल के बीच चलने वाले इस जल चक्र को जलीय चक्र (Hydrological cycle) कहते हैं। समुद्रों, नदियों व झीलों तथा जलाशयों का जल वाष्पीकृत होता है। इसी प्रकार पौधे भी अवशोषित जल का अधिकतर भाग वाष्पोत्सर्जित कर देते हैं। यह वाष्पीकृत जल (जल वाष्प) वायुमण्डलीय आर्द्रता बढ़ाता है। एक निश्चित तापक्रम व दाब पर हवा में अधिकतम जल वाष्प की स्थिति को सन्तृप्त वायुमण्डल (Saturated atmosphere) कहते हैं। अतः सन्तृप्त बिन्दु पर यदि तापक्रम कम हो जाये तो वायुमण्डल में जल को रोके रखने की क्षमता कम हो जाने के कारण जल वाष्प सघनित (condense) होकर वर्षा बून्दों, ओस, पाला या बर्फ, ओलों आदि में बदल जाती है। इसे वर्षण कहते हैं। वर्षा का जल मृदा में अवशोषित होकर पौधों के लिए 'उपयोगी जल' के रूप में उपलब्ध होता है।



चित्र 2.2 : जल चक्र एवं वर्षा का चित्र मॉडल

किसी भी स्थान की कुल वार्षिक वर्षा एवं उसका मौसमी बंटन (Seasonal distribution) वहाँ की खेती एवं प्राकृतिक वनस्पति को अत्यधिक प्रभावित करते हैं। इसमें कुल वर्षा दिनों (number of rainy days) का भी अत्यधिक महत्व है। ऐसे समान वार्षिक वर्षा वाले दो अलग-अलग क्षेत्र, जिनमें कुल वर्षा दिनों में अन्तर हो, में दिल्कुल भिन्न प्रकार की वनस्पति प्रकार (vegetation type) पायी जाती है। उदाहरणार्थ ऐसे क्षेत्र जहाँ वर्ष भर में केवल कुछ दिन लेकिन अत्यधिक तेज वर्षा होती है वहाँ पर जल भू सतह से ही बहकर निकल जाता है और पौधों को अवशोषण हेतु अत्यन्त अल्प मात्रा में ही जल उपलब्ध हो पाता है। ऐसे क्षेत्र जहाँ वर्षा ठीक ठीक हो लेकिन वह अधिक दिनों में समान रूप से आती हो तो पौधों को अधिक लाभ मिलता है। ऐसे स्थानों पर वर्ष भर में कुल औसत कम वर्षा भी अधिक प्रभावशाली रहती है। अत्यन्त कम वर्षा पौधों के लिए अधिक उपयोगी नहीं होती क्योंकि थोड़ा सा जल भूमि में अवशोषित होने से पूर्व ही वाष्पीकृत होकर उड़ जाता है। अल्प वर्षा से पौधों की वृद्धि भी अल्प रहती है अतः पौधे ठीगने (stunt) एवं क्षुर या झाड़ीनुमा हो जाते हैं।



चित्र 2.3 • पहाड़ पर वायु की दिशा की तरह वर्षण

वर्षा की मात्रा की भिन्नता से भिन्न प्रकार की वनस्पति उत्पन्न होती है। ये निम्न प्रकार की हैं -

- (अ) गर्म उष्ण कटिबन्धीय प्रदेशों में पूरे वर्ष सघन वर्षा होती है। वहाँ सघन सदाहरित वन उत्पन्न होते हैं।
- (ब) ऐसे स्थान जहाँ अच्छी वर्षा हो लेकिन वर्ष भर में कुछ महिनो में ही वर्षा होती हो वहाँ पर्णपाती वनों की वनस्पति पाई जाती है।

- (स) ऐसे क्षेत्र जहाँ केवल सर्दी के मौसम में अच्छी वर्षा होती है वहाँ दृढ़पर्णी (sclerophyllous) प्रकार के वन होते हैं। ऐसे वनों में छोटे वृक्ष अथवा झाड़ियों की बहुतायत होती है।
- (द) ऐसे क्षेत्र जहाँ गर्मी के मौसम में अधिक लेकिन सर्दी के मौसम में अपेक्षाकृत कम वर्षा होती है वहाँ चारागाह या घास स्थल (Grass lands) होते हैं।
- (ई) ऐसे क्षेत्र वहाँ गर्मी एवं सर्दी में अल्प मात्रा में वर्षा होती हो वहाँ मरुस्थलीय वनस्पति पैदा होती है।

वर्षा एवं तापमान का मिश्रित प्रभाव किसी भी स्थान पर पायी जाने वाली वनस्पति को अत्यधिक प्रभावित करता है। उदाहरणार्थ — भूमध्य तथा उष्ण कटिबन्धीय क्षेत्रों में अत्यधिक वर्षा तथा उच्च तापमान के फलस्वरूप विश्व की सर्वाधिक विकसित वनस्पति “उष्ण कटिबन्धीय वृष्टि वन” (Tropical rain forests) बनते हैं। उत्तरी एवं दक्षिणी अक्षांश (latitude) जहाँ वर्षा या वर्षण तो सर्वाधिक होती है लेकिन तापमान नीचा रहता है, वहाँ छोटे कोणघारी वृक्ष (coniferous trees), छितरी हुई कठोर झाड़ियाँ एवं शाक तथा लाइकेन इत्यादि पाये जाते हैं। सामान्य वर्षा लेकिन लम्बा एवं तीव्र गर्मी के मौसम वाले क्षेत्र में शुष्क पर्णपाती (dry deciduous) तथा कटीली झाड़ियों (thorn scrub) वाली वनस्पति उत्पन्न होती है। ऐसे स्थान जहाँ वर्षा अत्यन्त कम होती है और तापमान काफी ऊँचा चला जाता है वहाँ छोटे, छितराये हुए वृक्ष, झाड़ियाँ एवं केकटस आदि उगते हैं और यहाँ की वनस्पति मरुस्थलीय प्रकार की होती है।

(ii) वायुमण्डलीय आर्द्रता (Atmospheric Humidity) :

जल वाष्प के रूप में वायुमण्डल में आर्द्रता हमेशा विद्यमान रहती है। किसी स्थान के वायुमण्डल में आर्द्रता की मात्रा अनेक कारणों पर निर्भर करती है और कारणों की मात्रा में सञ्चालक अथवा गुणात्मक परिवर्तन होने पर आर्द्रता की प्रतिशतता भी प्रभावित होती है। एक निश्चित ताप एवं दाब पर वायु में इतनी जल वाष्प हो कि वह और अधिक जल वाष्प का समावेश न कर सके तो उसे उस ताप एवं दाब पर सन्तृप्त आर्द्रता कहा जाता है। तापमान बढ़ने से यह सन्तृप्त वायु असन्तृप्त हो जाती है यानि कि वायु की जल वाष्प ग्रहण करने की क्षमता तापमान के बढ़ने पर बढ़ जाती है। 20° फ° ताप बढ़ने पर वायु की जलवाष्प ग्रहण क्षमता दुगुनी हो जाती है। सन्तृप्त आर्द्रता वाली वायु का तापमान कम होने पर उसकी जल वाष्प ग्रहण करने की क्षमता कम हो जाने के कारण जल ओस की बुन्दों के रूप में सघनित हो जाता है।

वायुमण्डलीय आर्द्रता पादप जीवन को पौधे के जल सम्बन्धों के कारण प्रभावित करती है। आर्द्रता का सीधा प्रभाव वाष्पोत्सर्जन की दर पर पड़ता है। निरपेक्ष आर्द्रता (absolute humidity) को प्रायः किसी तापमान विशेष पर सन्तृप्ति के लिए अपेक्षित जलवाष्प मात्रा के प्रतिशत के रूप में अभिव्यक्त किया जाता है। इसे आपेक्षिक आर्द्रता (relative humidity) कहते हैं। उदाहरण के लिए 40 प्रतिशत आपेक्षिक आर्द्रता का

तात्पर्य यह है कि वायु में सतृप्ति के लिए आवश्यक जल वाष्प मात्रा का $2/5$ भाग उपस्थित है। आपेक्षिक आर्द्रता तापमान के घटने या बढ़ने पर घटती या बढ़ती है जबकि निरपेक्ष आर्द्रता पर तापमान का कोई प्रभाव नहीं पड़ता।

वाष्पोत्सर्जन की दर को नियंत्रित करने की क्षमता के कारण किसी भी स्थान पर पायी जाने वाली वनस्पति को आपेक्षिक आर्द्रता प्रभावित करती है। अनेक क्रिप्टोगेमस पौधे उच्च आपेक्षिक आर्द्रता वाले स्थानों पर ही उगते हैं। ऐसे पौधों को हाइग्रोफ़ाइट्स (Hygrophytes) कहा जाता है। उच्च आर्द्रता वाले स्थानों पर कुछ कवक एवं लाइकेन अत्यन्त तेजी से पनपते हैं। अधिपादप (Epiphytes) भी नमी एवं आर्द्रता वाले स्थानों पर सर्वाधिक पाये जाते हैं।

ऐसे स्थान जहाँ वर्षा एवं शुष्क ऋतु सुस्पष्ट होती है, वहाँ पर पायी जाने वाली वनस्पति आपेक्षिक आर्द्रता के बढ़ने के साथ ही तेजी से वृद्धि दर्शाती है लेकिन शुष्क एवं कम आपेक्षिक आर्द्रता वाले मौसम में पौधों की वृद्धि अवसृद्ध हो जाती है।

अधिक आर्द्रता के मौसम में बैक्टीरिया एवं अन्य सूक्ष्म जीवानु तेजी से पनपते हैं। अतः ऐसे मौसम में मृत जीवों का अपघटन (decomposition) भी तेजी से होता है। इस प्रकार ऐसे मौसम में मिट्टी को खनिज एवं कार्बनिक पदार्थ तेजी से उपलब्ध होते रहते हैं।

अधिक आपेक्षिक आर्द्रता के मौसम में बीमारी फैलाने वाले कवक, जीवाणु, इत्यादि, भी तेजी से पनपते हैं और ये रोग फैलाकर पौधों को प्रभावित करते हैं।

(iii) तापमान (Temperature)

तापमान एवं उनमें होने वाले परिवर्तन वनस्पति को प्रभावित करते हैं। पृथ्वी के घटतल पर तापमान में परिवर्तन के कारण ही अलग-अलग भौगोलिक स्थानों पर अलग-अलग प्रकार की वनस्पति पायी जाती है। तापमान एवं मृदा में उपस्थित नमी दोनों का मिश्रित प्रभाव वनस्पति पर देखा जा सकता है। तापमान के प्रभाव का सही आकलन केवल वार्षिक औसत ताप से नहीं किया जा सकता इसके लिये वर्ष भर के तापक्रम में परिवर्तन एवं प्रतिदिन दिन एवं रात के ताप में हो रहा परिवर्तन भी अत्यन्त महत्व रखता है।

ताप का प्रभाव पौधों की शारीरिक संरचना, जैविक क्रिया, प्रजनन एवं भौगोलिक वितरण पर पड़ता है। पौधों की उपापचयी क्रियाएँ किसी निम्नतम (minimum) तापमान पर आरम्भ होती हैं, तापमान में वृद्धि के साथ ही साथ इन क्रियाओं की दर भी बढ़ती चली जाती है तथा एक तापक्रम ऐसा आता है जहाँ यह तीव्रता अधिकतम हो जाती है इसे उस क्रिया का अनुकूलतम (optimum) तापक्रम कहते हैं। तापमान में इससे अधिक वृद्धि क्रिया को मन्द करने लगती है तथा एक विशेष तापमान पर यह क्रिया बिल्कुल रुक जाती है जिसे इसका अधिकतम (maximum) तापमान कहते हैं। प्रत्येक जाति का निम्नतम एवं उच्चतम ताप अलग-अलग होता है।

वैज्ञानिकों ने तापमान के आधार पर ससार की समस्त वनस्पतियों को निम्न श्रेणियों में बाँटा है -

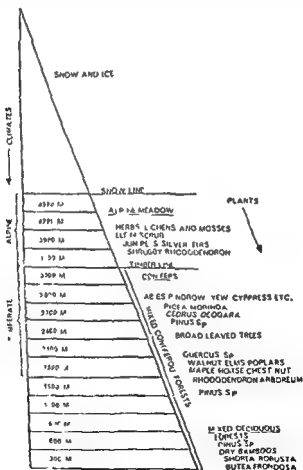
सारणी -- 1

विभिन्न क्षेत्रों में तापमान के आधार पर पाई जाने वाली वनस्पति :

तापक्रम क्षेत्र	भौगोलिक क्षेत्र	तापमान स्थिति	वनस्पति का प्रकार
उच्चतापी (Megatherms)	भूमध्यीय और उष्ण कटिबन्धीय (Equatorial and Tropical)	पूरे वर्ष भर अधिक तापमान	उष्ण कटिबन्धीय वृष्टि वन (Tropical rain forest)
मध्यतापी (Mesotherms)	उष्णकटिबन्धीय एवं समशीतोष्ण क्षेत्र (Tropical and sub tropical)	अधिक तापमान के साथ सर्दी के मौसम में कम तापमान	उष्ण कटिबन्धीय पर्णपाती वन (Tropical Deciduous forest)
निम्नतापी (Microtherms)	शीतोष्ण तथा उच्च-ऊँचाई वाले (12,000 फीट तक) उष्ण कटिबन्धीय एवं समशीतोष्ण क्षेत्र	न्यून तापमान	मिश्रित शकुपारी वन (Mixed coniferous forests)
हेकिस्टोथर्म (Hekistotherms)	उत्तरी ध्रुवीय और अल्पाइन प्रदेश (उष्ण कटिबन्धीय क्षेत्र में 16000 फीट से अधिक तथा शीतोष्ण क्षेत्र में 12000 फीट से अधिक की ऊँचाई)	अत्यन्त कम तापमान	अल्पाइन वनस्पति (Alpine Vegetation)

तापमान के आधार पर वनस्पति के वितरण को समझने के लिए पश्चिमी हिमालय पर ऊँचाई के अनुसार वनस्पति का वितरण समझना सर्वाधिक उपयुक्त रहेगा। यदि हम हिमालय के आधार से ऊपर की ओर बढ़ते हैं तो सभी प्रकार की जलवायु (climate) का अनुभव किया जा सकता है। हिमालय की ऊँचाई पर बढ़ने पर तापमान में गिरावट आती है। इसके आधार से 1200 मीटर तक के क्षेत्र में हमें मिश्रित पर्ण पाती वन मिलते हैं। 1200 मीटर से 3300 मीटर तक की ऊँचाई पर शकुपारी वन (coniferous forests) मिलते हैं। ऐसे स्थान पर जलवायु शीतोष्ण प्रकार की हो जाती है। इसमें भी नीचे के

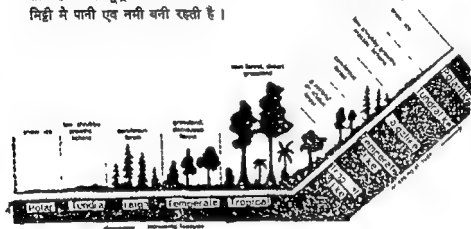
क्षेत्र में चौड़ी पत्तियों वाले वृक्षों की तथा ऊँचाई के क्षेत्र में शकुन्तुओं की बहुलता रहती है। लगभग 3600 मीटर की ऊँचाई के पश्चात् वृक्षों की कतार समाप्त होने लगती है तथा छोटे वृक्ष एवं झाड़ियाँ दिखाई देने लगती हैं। यहाँ पर जलवायु एल्पाइन (Alpine) प्रकार की हो जाती है। जैसे जैसे ऊपर बढ़ते हैं तो झाड़ियों की जगह घास, लाइकेन, मॉस इत्यादि मिलने लगते हैं। 4500 मीटर से ऊपर पहुँचने पर केवल बर्फ से ढकी चोटियाँ दिखाई देती हैं। यहाँ पर किसी प्रकार की वनस्पति नहीं पाई जाती है इसी बात को चित्र में समझाया गया है। चित्र 2.4 में अक्षांश व ऊँचाई के अनुसार समान प्रकार के वनस्पति क्षेत्रों का विस्तारण दर्शाया गया है।



चित्र 2.4 : पश्चिम हिमालय पर ऊँचाई के अनुसार वनस्पति का वितरण

अक्षांश एवं समुद्र तल से ऊँचाई के अतिरिक्त किसी स्थान का तापमान बादलों, वायु, मृदा में उपस्थित जल, मृदा आवरण (Soil cover), ढलान एवं पहाड़ी का खुलापन (exposure) इत्यादि से भी प्रभावित होता है।

पौधों की वृद्धि एवं वितरण में हालांकि वर्षण एवं तापमान के मिश्रित असर की प्रभावशाली भूमिका है। लेकिन यदि हम दून्डा एवं मरुस्थल की तुलना करें तो पायेंगे कि दोनों ही क्षेत्रों में वार्षिक वर्षा लगभग 20 से० मी० होती है परन्तु इन दोनों स्थानों की वनस्पति में काफी भिन्नता पाई जाती है। मरुस्थलीय क्षेत्रों में अत्यधिक उच्च तापमान के कारण वाष्पोत्सर्जन एवं वाष्पीकरण अत्यन्त तेजी से होता है और जल का हास भी अत्यन्त तीव्र है जबकि दून्डा क्षेत्र में वाष्पोत्सर्जन की दर अत्यन्त अल्प है और इस कारण से मिट्टी में पानी एवं नमी बनी रहती है।



चित्र 2.5 : अक्षांश व समुद्र तल से ऊँचाई के अनुसार समान प्रकार की वनस्पति का वितरण

पौधों की सभी क्रियाएँ तापमान से प्रभावित होती हैं। पौधों में होने वाली समस्त उपापचय क्रियाएँ इन्ज़ाइम द्वारा नियंत्रित होती हैं। इन्ज़ाइम रासायनिक क्रियाओं का सम्पादन एक निश्चित ताप पर ही करने में सक्षम होते हैं। अतः प्रकाश सश्लेषण, श्वसन, वृद्धि एवं अन्य क्रियाएँ तापमान से प्रभावित होती हैं।

तापमान से प्रभावित होने वाली कार्यिकी क्रियाये नीचे वर्णित की जा रही हैं।

(i) ताप का सीधा प्रभाव वायु की आर्द्रता पर होता है अतः अधिक तापमान पर वायु आर्द्रता कम तथा कम तापक्रम पर वायु आर्द्रता अधिक हो जाती है। वायु की आर्द्रता का प्रभाव वाष्पोत्सर्जन क्रिया पर पड़ता है। अतः तापक्रम अधिक होने पर वाष्पोत्सर्जन की दर अधिक एवं तापक्रम कम होने पर वाष्पोत्सर्जन की दर कम हो जाती है।

(ii) वाष्पोत्सर्जन क्रिया का प्रत्यक्ष प्रभाव रसारोहण (Ascent of sap) क्रिया पर पड़ता है। अतः तापक्रम की अधिकता रसारोहण क्रिया की दर को भी बढ़ाती है।

(iii) स्थलीय पौधों में 20° से 30° से के बीच अवशोषण की दर सर्वाधिक होती है तथा इससे अधिक अथवा कम तापमान होने पर अवशोषण की दर में कमी आ जाती है।

(iv) सामान्यतः पौधों में प्रकाश सश्लेषण हेतु 10° से 35° से का तापमान उचित होता है। 40° से अधिक तापमान होने पर प्रकाश सश्लेषण एन्जाइम अपघटित होकर नष्ट हो जाते हैं। अतः प्रकाश सश्लेषण की दर में कमी होकर यह शून्य के स्तर पर चली जाती है। कुछ पौधों में जैसे शकुधारी (conifers) में अत्यन्त निम्न ताप (35° से) तथा कुछ शैवाल व मरुद्भिद् पादपों में अत्यधिक ऊष्ण जल या स्थानों (75° c) पर भी प्रकाश सश्लेषण की क्रिया होती रहती है।

(v) श्वसन क्रिया - सामान्यतः श्वसन क्रिया 10° से 40° से के मध्य ही होती है। अनेक पादप, बैक्टीरिया इत्यादि 10° से कम तापमान पर भी अल्प श्वसन करते हैं लेकिन 0° से के नीचे व 40° से अधिक तापमान पर श्वसन की दर तेजी से कम हो जाती है।

(vi) अनेक पादपों के बीजों में एक विशेषता पाई जाती है जिसके कारण ये बीज निम्न ताप में कुछ दिन गुजारने के पश्चात् ही सामान्य ताप पर अंकुरित हो पाते हैं। इस क्रिया को *vernalisation* या *बसन्तीकरण* कहते हैं। ऐसे बीजों को कुछ समय के लिए निम्न ताप उपचार द्वारा भी अंकुरित किया जा सकता है।

(vii) अनेक पौधों में ताप के उदीपन के कारण गति होती है। उदाहरण के लिए क्लेमाइसोमोनास जाति की शैवाल को एक बीकर में रखकर उसे एक तरफ से गर्म किया जाए तो सभी कोशिकाएँ गर्म जल की तरफ से हटकर सामान्य ताप वाले जल की तरफ चली जाती हैं।

शीत आघात तथा शीत प्रतिरोध :- तापमान में परिवर्तन होने से पौधे तीन प्रकार से प्रभावित होते हैं -

- (i) निजलीकरण - Desiccation
- (ii) शीत आघात - Chilling injury
- (iii) जमाव आघात - Freezing injury

हर्दी के मौसम में तापमान कम होने के कारण वाष्पोत्सर्जन दर अत्यन्त कम हो जाती है। इस मौसम में ऊतकों के निर्जलीकरण की स्थिति उत्पन्न हो जाती है और पौधों को आघात लगता है। गर्म जलवायु में उगने वाले पौधों को यदि कुछ समय के लिए भी शीत लहर के सम्पर्क में लाया जाये तो पौधे या तो मर जाते हैं अथवा उन्हें गहरा आघात लगता है। इसे शीत आघात कहते हैं। जमाव आघात सामान्यतया शीतोष्ण प्रदेशों के पौधों में होता है। ऐसे क्षेत्रों में जब तापमान अत्यन्त कम हो जाता है तब अन्तर कोशिकीय स्थानों में उपस्थित जल जमकर बर्फ के छोटे-छोटे क्रिस्टल बना देता है। तापमान में और अधिक कमी होने पर कोशिका जल भी बाहर निकलकर जम जाता है जिससे अन्तरकोशिकीय स्थानों में उपस्थित क्रिस्टल का आकार बड़ा हो जाता है। कोशिका

का जीव द्रव्य निर्जल हो कर थक्का (coagulate) बन जाता है। अन्तर कोशिकीय बर्फ अधिक स्थान घेरने के कारण कोशिका को यांत्रिक आपात पहुँचाता है।

पासा पड़ने पर कोशिका में उपस्थित जल भी बर्फ के रूप में जम जाता है। यह अन्तरकोशिकीय बर्फ कोशिका को मार डालता है। बर्फ के छोटे-छोटे टुकड़े एक दूसरे को पीटकर जीवद्रव्य की संरचना को नष्ट कर देते हैं।

अनेक पौधे विशेषकर बहुवर्षीय, बर्फ बनने की क्रिया को सहन करने की क्षमता रखते हैं। इस गुण को पासा - प्रतिरोधी गुण या दृढ़ीकरण (hardness) कहते हैं। इस क्रिया में पौधों की कोशिका में उच्च परासरण सान्द्रता (High osmotic concentration) विकसित हो जाता है जिससे उसका जमाव बिन्दु (freezing point) नीचे चला जाता है और उसमें उपस्थित जल की कमी भी हो जाती है ताकि बर्फ बनने के लिए अन्तरकोशिक एवं अन्तरकोशिक जल की उपलब्धता कम हो जाए। बहुत से पौधों को नर्सरी में कुछ समय के लिए ठंड में रखकर उनमें दृढ़ीकरण के गुण का विकास किया जाता है। इसे शीत प्रतिरोधी क्षमता का विकास करना कहते हैं।

गर्मी से आघात एवं गर्मी से प्रतिरोधी क्षमता :-

अत्यधिक उच्चताप से पौधों की वृद्धि रुक जाती है। अधिक गर्मी से पौधों की श्वसन दर बढ़ जाती है तथा इससे पौधे भूखे (starvation) हो जाते हैं। पौधे बीने रह जाते हैं और लम्बे समय तक उच्च तापमान के कारण मर भी जाते हैं उच्च ताप से वाष्पोत्सर्जन दर बढ़ जाती है और इससे निर्जलीकरण हो जाता है। अधिक ताप के कारण प्रोटीन के थक्के (coagulation) बन जाते हैं और जीवद्रव्य मर जाता है।

पौधों में गर्मी से बचने के लिए कुछ विशेष प्रतिरोधी क्षमता उत्पन्न हो जाती है। उसके कुछ उदाहरण निम्नांकित हैं :-

- (1) शुष्क बीज एवं बीजाणु (spores) में जल अत्यन्त अल्प मात्रा में होता है जिससे वे दूसरे पौधों की अपेक्षा गर्मी का अधिक प्रतिरोध कर सकते हैं।
- (2) कोशिका में शर्करा की अधिक सान्द्रता गर्मी की प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाती है।
- (3) अधिक मोटी छाल से गर्मी को सहन करने की क्षमता बढ़ती है।
- (4) अधिक वाष्पोत्सर्जन से पौधों को ठण्डक मिलती है और इससे पौधे आसानी से नहीं मरते। ऐसे पौधों में मिट्टी में जल की कमी के कारण पौधे मर सकते हैं।
- (5) सूर्य की किरणों से बचने के लिए पत्तियाँ उदग्र (vertical) प्रकार से व्यवस्थित हो जाती हैं।
- (6) चमकदार पत्तियाँ सूर्य की गर्मी को परावर्तित कर अपने आप को बचाती हैं।
- (7) पत्तियों पर मोम की परत अथवा रोमों से भी गर्मी से बचाव होता है।

(IV) प्रकाश (Light)

क्रियात्मक दृष्टि से प्रकाश अत्यन्त महत्वपूर्ण कारक है। इस पर हरे पौधों द्वारा खाद्य पदार्थों का सश्लेषण निर्भर करता है जिससे वृद्धि तथा अन्य पादप क्रियायें सम्भव होती हैं। प्रकाश सश्लेषण द्वारा भोजन के रूप में संग्रहित ऊर्जा ही पृथ्वी पर सभी जीवों एवं अनेक अन्य साधनों के लिए ऊर्जा का स्रोत है और पूरा विश्व उसके कारण ही चत रह रहा है। पृथ्वी के जीवों एवं सौर ऊर्जा के मध्य प्रकाश सश्लेषण एक महत्वपूर्ण कड़ी है। प्रकाश के प्रभाव से पौधों में स्तम्भों (stomata) का खुलना एवं बन्द होना भी नियंत्रित होता है अतः प्रकाश वाष्पोत्सर्जन की दर का नियमन भी करता है।

प्रकृति के एक वृहद क्षेत्र में प्रकाश का प्रभाव एक सा रहता है जिससे यह पादप समुदाय के सामान्य गुणों को प्रभावित नहीं करता। ऐसे पौधे जो सूर्य की सीधी रोशनी में ऊगते हैं उन्हें सूर्य तापी या प्रकाश प्रिय (Helophytes) कहते हैं। उदाहरण — ऐमेरेन्थस (Amaranthus) जेन्यियम (Xanthium), बिटुला (Betula), पौपुलस (Populus), सैलिकस (Salix)। जो पौधे कम प्रकाश या छाया में ऊगते एवं वृद्धि करते हैं उन्हें छायातापी या छाया प्रिय (Sciophytes) कहते हैं। उदाहरण — एकलिफा (Acllypha), फेगस (Fagus), ऐबीज (Abies), पिसिया (Picea) इत्यादि।

कुछ सूर्य तापी पौधे ऐसे होते हैं कि वे प्रकाश में अत्यधिक वृद्धि करते हैं किन्तु उन्हें छाया में भी सामान्य रूप से उगाया जा सकता है। ऐसे पादपों को विकल्पी छाया तापी (Facultative sciophytes) कहते हैं। इसी प्रकार जिन पौधों की अत्यधिक वृद्धि हेतु छाया या मन्द प्रकाश की आवश्यकता होती है किन्तु उन्हें अधिक प्रकाश में भी उगाया जा सके, ऐसे पौधों की विकल्पी सूर्यतापी (Facultative heliophytes) कहते हैं।

प्रकाश के आधार पर पौधों में बाहरी, आन्तरिक व कार्यिकी रूपान्तर दो प्रकारों द्वारा विभेदित किये गये हैं।

(1) **हिलिओमॉर्फिक (Heliomorphic)** : पौधों में ऐसे लक्षण आनुवांशिकी रूप से निश्चित (Genetically fixed) होते हैं तथा ये गुण एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी में निरन्तर आते रहते हैं। इन पौधों को प्रकाश के स्थान से छाया में उगाया जावे तो उनके लक्षणों में कोई भी परिवर्तन नहीं होगा।

(2) **हिलियोप्लास्टिक (Heloplastic)** : पौधों में यह लक्षण प्रकाश व छाया के आधार पर उत्पन्न होते हैं तथा ये लक्षण एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी में स्थानान्तरित नहीं होते। ऐसे पौधों को सूर्य की रोशनी से छाया में अथवा छाया से सूर्य की रोशनी में उगाया जाए तो उनके लक्षणों में पुनः अन्तर उत्पन्न हो जाएगा।

सूर्यतापी एवं छायातापी पादपों के अन्तरिक, बाह्य संरचना तथा कार्यिकी लक्षणों में अन्तर को सारणी 2 में दिखाया गया है।

सारणी-- 2

सूर्यतापी (Heliophytes)	छायातापी (Sciophytes)
1 तना मोटा, सुदृढ़ व इनमें जाइलम ज्यादा विकसित होता है।	1 तना अपेक्षाकृत पतला, दुर्बल व जाइलम कम होता है।
2 पत्तियाँ छोटी, हल्के हरे रंग की कटी हुई या संयुक्त पिच्छका (Compound pinnate) व मोटी होती है।	2 पत्तियाँ बड़ी, गहरे हरे रंग की व पतली होती है।
3 पर्ण मध्योत्तक में स्पष्ट रूप में दो प्रकार की कोशिकाएँ ऊपर खम्भ ऊत्तक व नीचे स्पजी मृदुतक होती हैं। अन्तरकोशिकीय स्थान कम होता है।	3 केवल एक ही प्रकार की कोशिकाएँ (स्पजी मृदुतक) होती हैं इनमें अन्तरकोशिकीय अवकाश अपेक्षाकृत अधिक होता है।
4 शाखाएँ अधिक तथा पर्व छोटे होने से पर्व संधिया (Nodes) पास-पास में होती है।	4 शाखाएँ कम तथा पर्व सम्ये होने से पर्व संधिया दूर-दूर होती है।
5 तने व पत्तियों पर रोम अधिक होते हैं।	5 रोम कम पाये जाते हैं।
6 परागन्धों की संख्या अधिक होती है। इनकी संख्या निचली सतह पर अधिक व ऊपरी सतह पर कम होती है।	6 परागन्ध संख्या में कम तथा पत्ती की दोनों सतह पर समान संख्या में होते हैं।
7 ऊपरी बाह्य त्वचा बहुपरतीय एवं लवक रहित होती है।	7 ऊपरी बाह्य त्वचा एक परत की व दोनों सतह की कोशिकाएँ अपेक्षाकृत पतली परत वाली क्यूटिन तथा हरित लवक युक्त होती है।
8 यांत्रिक ऊत्तक ज्यादा विकसित होती है।	8 यांत्रिक ऊत्तक कम या अनुपस्थित होती है।
9 गड़े अत्यधिक गहरी व संख्या में अधिक तथा पूर्ण शाखित होती है।	9 गड़े छोटी व संख्या में कम और अल्प शाखित होती है।
10 पौधों का शुष्क भार अधिक होता है।	10 कम होता है।
11 पुष्प जल्दी निकलते हैं तथा इनमें पुष्प व फल उत्पन्न करने की क्षमता ज्यादा होती है।	11 पुष्प देरी से निकलते हैं तथा इनमें पुष्प और फल पैदा करने की क्षमता बहुत कम या नहीं के बराबर होती है।
12 कोशिका रस (cell sap) अधिक अम्लीय व परासरण दाब (Osmotic pressure) अधिक होता है।	12 कोशिका रस कम अम्लीय व परासरण दाब भी कम होता है।

- | | | | |
|----|--|----|---|
| 13 | पौधे में शुष्कता व ताप से बचने की क्षमता होती है। | 13 | ये पौधे अधिक शुष्कता व ताप को सहन नहीं कर पाते। |
| 14 | कार्बोहाइड्रेट / नाइट्रोजन का अनुपात अधिक होता है। | 14 | कम होता है। |
| 15 | पोटेशियम की मात्रा कम होती है। | 15 | अधिक होती है। |
| 16 | बीज के प्रति ग्राम शुष्क भार में अधिक कैलोरीज ऊर्जा होती है। | 16 | कम होती है। |

पौधों पर प्रकाश का प्रभाव तीन प्रकार से सम्भव है —

- (i) प्रकाश तीव्रता (Light intensity)
- (ii) प्रकाश गुणवत्ता (Light quality)
- (iii) प्रकाश दीप्तीकाल (Light duration)

यहाँ पर ध्यान देने योग्य बात यह है कि प्रकाश तीव्रता में परिवर्तन से तापक्रम भी परिवर्तित हो जाता है और उससे ही आपेक्षिक आर्द्रता भी परिवर्तित हो जाती है अतः केवल प्रकाश के ही प्रभाव का आकलन करना कठिन है।

(अ) प्रकाश तीव्रता: सूर्योदय से दोपहर तक प्रकाश तीव्रता बढ़ती है और दोपहर से सूर्यास्त तक घटते घटते समाप्त हो जाती है। वायुमण्डलीय धूल, बादल, उनकी मोटाई तथा पृथ्वी से उनकी ऊँचाई, बादलों की गति, वायुमण्डलीय आर्द्रता — विशेषकर धुन्ध या स्मॉग (smog) इत्यादि प्रकाश तीव्रता पर प्रभाव डालते हैं। पृथ्वी या मिट्टी की सतह पर पहुँचने वाले प्रकाश का प्रभाव वनस्पति के कारण भी कम हो जाता है। मकान अथवा अन्य भवन निर्माण भी प्रकाश पर प्रभाव डालते हैं। समुद्र तल से ऊँचाई बढ़ने पर प्रकाश की तीव्रता बढ़ जाती है। जल के गर्भ में ज्यों 2 गहराई बढ़ती है प्रकाश तीव्रता कम होती जाती है। स्वच्छ एवं साफ जल में प्रकाश 60 मीटर तक की गहराई में पहुँच सकता है इसके पश्चात् नग्न हो जाता है। ऐसा जल जिसमें कुछ निलम्बक पदार्थ (Suspended particles) इत्यादि हो वहाँ प्रकाश कुछ गहराई तक ही प्रवेश कर सकता है।

प्रकाश तीव्रता का पौधों की वृद्धि पर प्रभाव पड़ता है। अधिकतर पौधे उन पर गिरने वाले प्रकाश का केवल 1% भाग ही प्रकाश सश्लेषण में उपयोग कर पाते हैं। प्रकाश तीव्रता के आधार पर पौधों को हेलियोफाइट्स एवं सियोफाइट्स में विभाजित किया जाता है इसके बारे में विस्तार से पूर्व में लिखा जा चुका है।

अनेक बीज प्रकाश की उपस्थिति में अंकुरित होते हैं। ऐसे बीजों को प्रकाश सवेदी (Light sensitive) बीज कहते हैं। क्लोरोफिल एवं अन्य वर्णकों का बनना, पुष्पों का खिलना, सूक्ष्म जीवों द्वारा नाइट्रोजन का स्थिरीकरण, इत्यादि प्रकाश पर निर्भर रहने वाली क्रियाएँ हैं।

पौधों को उपलब्ध होने वाला प्रकाश खुले स्थानों पर तीव्र होता है लेकिन वृक्षों की छाया में उगने वाले पौधों को मन्द प्रकाश मिलता है। तीव्र प्रकाश से पौधे अपनी रक्षा

कई विधियों से करते हैं। उदाहरणतः उनके पत्तों में हरित लवको (Chloroplasts) की व्यवस्था इस प्रकार होती है कि केवल उनके किनारे प्रकाश की आपाती (incident) किरणों की ओर होते हैं तथा वे एक दूसरे को ढक लेते हैं। कुछ पौधे जिन्हें 'दिक् सूचक पौधे' (Compass plants) कहते हैं दोपहर के समय अपने पर्णकोर सूर्य की ओर कर लेते हैं।

पौधों के कायिक भागों का दिक् विन्यास (orientation) इस प्रकार होता है कि प्रत्येक पत्ती को उपलब्ध प्रकाश का कुछ अंश मिल जाता है। मन्द प्रकाश या छाया में उगने वाले पौधों में पर्ण समूहों को प्रदर्शित करने के लिए अनेक अनुकुलन पाये जाते हैं। कई पौधों के पत्ते मोजेक में कणों के रूप में व्यवस्थित होते हैं जिससे अतिव्यापन (overlapping) नहीं हो पाता तथा प्रकाश प्रत्येक पत्ते तक अवश्य पहुँचता है। बहुत से पौधों में पत्ते एक चक्र में व्यवस्थित होकर रोजेट (rosette) बनाते हैं, ताकि प्रत्येक पत्ते को प्रकाश मिल सके। अधिनादप (epiphytes) सूर्य के प्रकाश को अधिक ग्रहण करने के लिए ही ऊँचे वृक्षों पर उगते हैं। कुछ पौधों में (उदाहरण - घास, रीठ, जलबेत तथा टाइफ़) पर्ण विन्यास इस प्रकार होता है कि ऊपरी पत्तियों की छाया बहुत कम होती है। अतः सब पत्ते (सबसे नीचे वाले भी) प्रदीप्त (illuminate) हो जाते हैं।

अत्यन्त बड़े वृक्षों (आम आदि) में वृक्ष के लीनाक्ष (deliquescent) स्तम्भ का अर्धगोल शीर्ष पत्तियों को प्रदीप्त करने के लिए उत्तम है। शकु वृक्षों में तना नीचे से ऊपर की ओर पतला होता जाता है और इससे निकलने वाली शाखाएँ शिखर की ओर उत्तरोत्तर छोटी होती चली जाती हैं। यह व्यवस्था अधिकतम प्रदीप्ति के लिए उत्तम है। बल्लरिया प्रतान आदि भी अपने पत्तों को सूर्य को रोशनी में रखने के लिए कुछ विशिष्ट शैली अपनाती है।

ऑक्सिजन जैसे वृद्धि हार्मोनों के उत्पादन का प्रकाश की उपस्थिति में ह्रास होता है। इसके कारण पौधों के अंगों का आकार, गति एवं दिक्विन्यास भी प्रभावित होता है। पूर्ण अंधेरे में उगने वाले पौधों में ऑक्सिजन बनने के कारण उसकी वृद्धि तेजी से होती है लेकिन ऐसे पादपों में ऊतकों का विभेदन ठीक ढंग से नहीं हो पाता है जिससे यांत्रिक ऊतकों का निर्माण नहीं होता और पौधे कमजोर रह जाते हैं। इसी कारण घनी छाया में उगने वाले पौधों में पर्व लम्बे तथा पत्ते कम होते हैं। अधिक प्रकाश में उगने वाले पौधे सघन एवं दृढ़ होते हैं।

एक पार्श्विक (one sided) प्रदीप्ति से तना प्रकाश की ओर झुकता है, क्योंकि जिस ओर छाया होती है उस ओर ऑक्सिजन अधिक बनते हैं, जिससे उस ओर की वृद्धि भी अधिक होती है। सूरजमुखी का पौधा इतना प्रकाश सवेदी होता है कि इसके जिस भाग पर फूल खिलते हैं वह प्रतिदिन प्रातः काल से सायंकाल तक पूर्व से पश्चिम की ओर मुड़ जाता है क्योंकि तने की छाया में रहने वाले भाग में वृद्धि अधिक होती है तथा स्थिति सूर्य की रोशनी की दिशा के अनुसार बदलती रहती है।

पौधों की वृद्धि पर प्रकाश के ये प्रभाव पौधों के कायिक अंगों की प्रकाश अनुवर्ती (photo tropic) अनुक्रियाओं के लिए उत्तरदायी है।

मन्द प्रकाश पौधों की लम्बवत (elongation) वृद्धि, कायिक वृद्धि तथा संरचनाओं में कोमलता प्रदान करने के लिए अनु-
रण है कि अधिकतर कायिक फसलों

(vegetative crops) से खेती बसन्त व शरद ऋतु में की जाती है। पत्तागोभी, सलाद या चाय जैसी फसल इसीलिए कृत्रिम छाया में उगाई जाती है। सिगार स्पेटने हेतु तम्बाकू के पत्तों की चौड़ाई बढ़ाने के लिए उन्हें छाया में उगाया जाता है। इसके विपरित तीव्र प्रकाश पुष्पन, फलन तथा बीजोत्पादन के लिए अनुकूल है। पर्णपाती वनों में वृक्षों पर नई पत्तियों के निकलने से पूर्व ही पुष्प खिल जाते हैं। सघन शकु वृक्ष वनों के वृक्षों में पुष्पन कभी प्रचुर मात्रा में नहीं होता है।

(ब) प्रकाश गुणवत्ता (Light quality) : गर्मी के मौसम में जब सूर्य पृथ्वी के सर्वाधिक नजदीक होता है, तब उस में साल तथा अवरक्त प्रकाश अधिक होता है। वर्षा के मौसम में तथा सुबह के समय अधिक तरंग दैर्घ्य वाला प्रकाश अपेक्षाकृत कम पाया जाता है। पत्तियों लाल एवं नीले प्रकाश को अधिक अवशोषित करती हैं अतः किसी वृक्ष की छाया में हरे रंग का प्रकाश अधिक पाया जाता है। जल के कुछ सेन्टीमीटर की गहराई पर ही लाल एवं अवरक्त प्रकाश अवशोषित कर लिया जाता है अतः गहरे पानी में कम तरंग दैर्घ्य वाला प्रकाश ही पहुँच पाता है। क्लोरोफिल द्वारा लाल तथा नीले रंग का प्रकाश ही सर्वाधिक अवशोषित किया जाता है। साधारणतया अवरक्त प्रकाश पौधों की वृद्धि के लिए अवरोधक है। प्रकाश गुणवत्ता का सर्वाधिक प्रभाव जल पादपों में देखा जा सकता है जहाँ पर अलग-अलग गहराई पर अलग-अलग प्रकार के प्रकाश को अवशोषित किया जाता है अतः विभिन्न प्रकार के शीवाल अलग-अलग गहराई पर पाये जाते हैं।

(स) प्रकाश दीर्घिकाल (Light duration) : प्रकाश दीर्घिकाल के आधार पर पौधे तीन भागों में विभाजित किये जाते हैं —

- (i) दीर्घ प्रदीप्तिकाली पौधे (long day plants)
- (ii) लघु प्रदीप्तिकाली पौधे (short day plants) तथा
- (iii) प्रदीप्तिकाल उदासीन पौधे (day neutral plants)

दीर्घिकाल पूरे वर्ष तक एक समान होने के कारण भूमध्य रेखीय वनों में समान लेकिन अत्यन्त तेजी से वृद्धि होती है। ऐसे स्थानों पर पौधों में वर्ष भर वृद्धि होती है और वर्ष भर पुष्पन भी होता है। ज्यों-ज्यों भूमध्य रेखा से उत्तरी या दक्षिणी ध्रुव की ओर बढ़ते हैं पौधे छोटे होते चले जाते हैं क्योंकि वर्ष भर में प्रकाश दिवस की संख्या उत्तरोत्तर घटती रहती है। इसी प्रकार अधिक सूर्य-दिन (sunny days) वाले क्षेत्रों वाले क्षेत्रों में पौधों की वृद्धि अधिक बादल दिवस (cloudy days) की अपेक्षा अधिक होती है।

पतझड़ से पहले पत्तों में विलग परत (abscission layer) का निर्माण तथा इससे सह सम्बंधित क्रियात्मक सक्रियता से ह्रास का प्रारम्भ अल्प दीर्घिकाल की अनुक्रिया के कारण ही होता है।

(v) वायु (Wind)

वायु गति तथा वायु दिशा (wind direction) का वनस्थिति पर प्रत्यक्ष एवं परोक्ष दोनों प्रकार से प्रभाव होता है। समुद्रों या बड़े जलाशयों से उठने वाली हवाओं में आर्द्रता

अधिक होती है जबकि गरम स्थलों से उठने वाली हवासे शुष्क होती है जिससे वाष्पोत्सर्जन की दर बढ़ जाती है। इसी प्रकार ऊँचे पर्वतों या ध्रुवीय प्रदेशों से आने वाली हवासे तापमान को कम कर देती है जिससे ओस की बून्दें बनती हैं।

तेज वायु वेग से पौधों की वाष्पोत्सर्जन दर बढ़ जाती है। इसी प्रकार वायु गति के कारण अनेक सूक्ष्म जीव, कवक बीजाणु, परागकण, फल एवं बीज एक स्थान से दूसरे स्थान तक पहुँच जाते हैं। इस प्रकार वायु पेड़ पौधों की जातियों एवं समुदाय के विस्तार का काम करती है। तेज गति से चलने वाली हवा से पेड़ पौधे जड़ सहित उखड़ जाते हैं। तेज वायु के कारण पेड़ों की शाखाएँ, फल, कलियाँ, पुष्प, पत्तियाँ आदि टूट कर गिर जाती हैं। कभी-कभी तेज लुफानी हवाओं, चक्रवातों व हरिकेन के कारण भी बड़े-बड़े वृक्ष उखड़ कर गिर जाते हैं। लुफानी हवाओं से सर्वाधिक नुकसान बड़े एवं घने वृक्षों को होता है क्योंकि ये वृक्ष एक वायुरोध (wind break) या रक्षक मेखला (shelter belt) का कार्य कर वायु को रोकने का कार्य करते हैं।

वायु वेग का प्रभाव पौधों की आंतरिक संरचना पर भी होता है। वायु वेग के फलस्वरूप स्तम्भ में यांत्रिक ऊतकों (Mechanical tissues) का निर्माण अधिक होता है। सामान्य पौधों में ऊतकों का निर्माण चारों तरफ बराबर होता है लेकिन वायु प्रभावित क्षेत्रों के वृक्षों में द्वितीयक वृद्धि व वार्षिक वृत्त की उत्केन्द्र वृद्धि (Eccentric growth) होती है। इस उत्केन्द्र वृद्धि के कारण तेज वायु वेग में भी स्तम्भ आसानी से टूट नहीं पता। ऐसे क्षेत्र में उगने वाले कुछ वृक्षों में साल रंग की घनी दाह (xylem) विकसित हो जाती है जिसे सपीडक दाह (compression wood) कहते हैं। शाकीय पादपों में तेज हवा के प्रभाव से स्पूलकोज ऊतक (collenchyma) का निर्माण अधिक होता है ताकि उन्हें अधिक यांत्रिक मजबूती मिल सके।

ऊँचाई पर चलने वाली तेज हवाओं से तने के शिखर की शाखाएँ सूख जाती हैं। इससे पौधों की ऊँचाई में वृद्धि रुक जाती है। अतः खुले क्षेत्रों में वायु के प्रभाव के कारण पौधों की ऊँचाई सीमित ही रहती है। ऐसे स्थानों पर अपेक्षाकृत ऊँचे वृक्ष लगभग समान ऊँचाई तक ही पहुँचते हैं। जिसे 'सामान्य वनस्पति सीमा' कहते हैं। किसी उपवन के पवनान्निमुख वृक्षों में भी ऐसा ही होता है। ये वृक्ष उपवन के अन्य वृक्षों की अपेक्षा कम ऊँचे होते हैं। उच्च पर्वतीय (alpine) अपावृत (exposed) क्षेत्रों में तेज हवाएँ चलती हैं। यहाँ कोई वृक्ष नहीं उगते। यहाँ की झाड़ियाँ व शाकीय पौधे भी बौने होते हैं। वृक्ष सीमा पर स्थित काशीय पौधे (उदाहरणतः रोडेड्रेनन या सिल्वर फिर) अत्यन्त छोटे तथा झाड़ीनुमा रह जाते हैं जबकि यह पौधे उसी स्थान से कुछ सौ फीट नीचे सीधे एवं ऊँचे वृक्ष होते हैं। ऐसी वनस्पति को बीना झाड़ (elfin shrub) कहते हैं।

तेज हवा के फलस्वरूप मैदानी क्षेत्रों में उगने वाले फसली पौधे भूमि पर गिर जाते हैं, इसे पतन (lodging) कहते हैं। ऐसे स्थानों पर फसलों की बीनी क्रिस्मे पाई जाती है।

समुद्रतट के आस-पास के ऐसे क्षेत्र जहाँ वर्ष के अधिकतर भाग में एक ही दिशा में (uni-directional) हवाएँ चलती हैं वहाँ की वनस्पति की शाखाएँ व अन्य भाग केवल वायु की दिशा की तरफ ही होते हैं ऐसे वृक्षों को ध्वज वृक्ष (flag trees) कहते हैं।

मरुस्थलीय क्षेत्रों में, जहाँ मिट्टी पर वनस्पति का अभाव होता है, तेज वायु वेग अपने साथ ऊपर की उमड़ाऊ एवं बारीक मिट्टी को बहकाकर ले जाती है इससे मृदा का

अपरदन (soil erosion) होता है तथा गर्मी के मौसम में धूल भरी आधियाँ चलती है। रेगिस्तान में रेत के टीले एक जगह से दूसरी जगह स्थानान्तरित हो जाते हैं इन्हे अस्थायी रेत के टीले (shifting sand dunes) कहा जाता है। इस प्रकार की अस्थायी मिट्टी (unstable soil) पर पौधों की वृद्धि संभव नहीं है।

(vi) वायुमण्डलीय गैसें (Atmospheric gases) :

पृथ्वी के चारों तरफ, मिट्टी के रन्ध्रों (Pores) में तथा जल में घुलनशील वायु पायी जाती है। पृथ्वी के चारों तरफ 200 मीटर चौड़ा वायुमण्डल का घेरा है। वायुमण्डलीय गैसों में नाइट्रोजन 79%, आक्सीजन 21% तथा कार्बन डाईऑक्साइड 0.03% होती है। इसके अतिरिक्त वायुमण्डल में कुछ उत्कृष्ट (inert) गैसें भी पायी जाती हैं। हालांकि इन गैसों की प्रतिशत मात्रा में कोई बहुत बड़ा परिवर्तन नहीं होता फिर भी ये पौधों की वृद्धि पर अपना प्रभाव प्रदर्शित करती हैं।

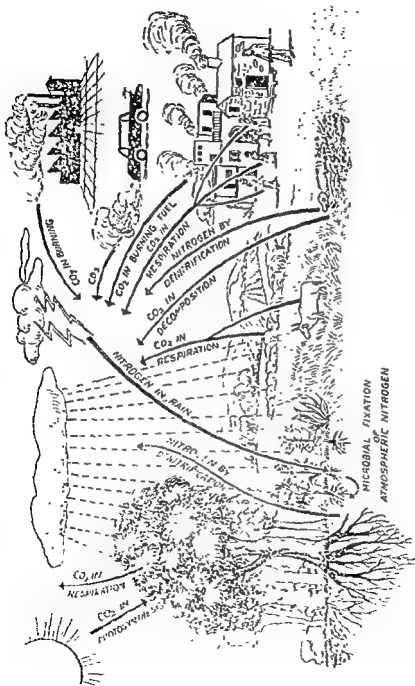
जीवों में गैसों के विनिमय हेतु वायुमण्डल माध्यम प्रदान करता है, ये गर्म किरणों को अवशोषित कर उसका प्रभाव कम करता है, वायुमण्डल में उपस्थित ओजोन परत पृथ्वी पर आने वाली पराबैंगनी (ultra violet) किरणों को अवशोषित कर उन्हें पृथ्वी पर आने से रोकता है, कार्बन डाई आक्साइड पृथ्वी के ऊष्मा सन्तुलन (Heat balance) को बनाये रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

मानव सभ्यता के विकास एवं उच्च तकनीकी उपयोग के फलस्वरूप ऐसी अनेक गैसें, जो हम हमारी भौतिक सुविधाओं को बढ़ाने के लिए काम में ले रहे हैं, वायुमण्डल के लिए घातक सिद्ध हुई हैं। वैज्ञानिकों ने पता लगाया है कि शीतलीकरण (refrigeration) में काम ली जाने वाली क्लोरो फ्लोरोओ कार्बन (सी० एफ० सी०) गैस वायुमण्डल की ओजोन परत को नष्ट कर रही है। इससे ओजोन परत में छेद हो गये हैं। ओजोन परत में छेद होने से पराबैंगनी किरणें पृथ्वी पर आ रही हैं। इन किरणों के कारण मानव शरीर में त्वचा (skin) के कैंसर होने की संभावनाएँ बढ़ गई हैं।

हम यहाँ पर तीन प्रमुख गैसों के प्रभाव का अध्ययन करेंगे।

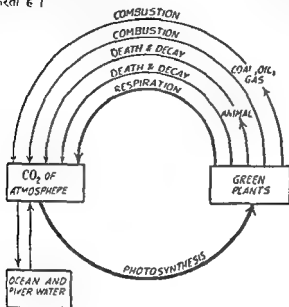
(अ) कार्बन डाई आक्साइड : -- पौधों के शरीर के सभी अंगों में उपस्थित कार्बनिक पदार्थ कार्बन डाई आक्साइड से ही बनते हैं। हालांकि वायुमण्डल में इसकी मात्रा अत्यन्त अल्प (0.03%) है। हरे पौधे प्रकाश संश्लेषण द्वारा अपना भोजन स्वयं बनाकर कार्बोहाइड्रेट का निर्माण करते हैं। इस क्रिया में ये वायुमण्डलीय कार्बन डाई आक्साइड ग्रहण करते हैं। श्वसन की क्रिया में ये कार्बनिक पदार्थ पुनः आक्सीकृत हो कार्बन डाई आक्साइड वायुमण्डल को देते हैं। कार्बनिक पदार्थों का कार्बन डाई आक्साइड में परिवर्तन दहन की क्रिया अथवा मृत्यु के पश्चात् होने वाली सड़न के दौरान अपघटन (decay) द्वारा भी होता है।

एक वृहद् क्षेत्र में कार्बन डाई आक्साइड की सान्द्रता लगभग समान रहती है और समय के अनुसार उसमें मामूली परिवर्तन होता रहता है। घने वनों के क्षेत्र में रात्रि के समय तथा प्रातः कार्बन डाई आक्साइड की सान्द्रता बढ़ जाती है और दिन में घट जाती है।



चित्र 2.6 : कार्बन-नाइट्रोजन का चक्र

जलीय पादप जल से ही कार्बन डाई आक्साइड ग्रहण करते हैं। जल में कार्बन डाई आक्साइड गैस आसानी से घुल जाती है। मिट्टी में उपस्थित कार्बन डाई आक्साइड भी पौधों पर प्रभाव डालती है। मिट्टी में कार्बन डाई आक्साइड की अधिकता उसके मूल श्वसन पर प्रतिकूल प्रभाव डालती है और यह मूल तन्त्र की उपापचयी क्रियाओं को प्रभावित करता है।

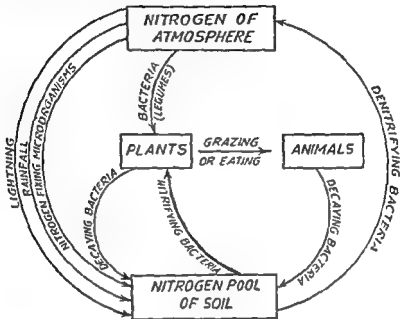


चित्र 27 - प्रकृति में कार्बन चक्र

(ब) **आक्सीजन** : सभी जीवों (पेड़-पौधे एवं जीव-जन्तु) का जीवन आक्सीजन पर निर्भर है। इसीलिए आक्सीजन को प्राण वायु कहा जाता है। जीवन एवं सही वृद्धि के लिए वायुमण्डलीय आक्सीजन आवश्यक है। आक्सीजन की मात्रा वायुमण्डल में लगभग समान बनी रहती है। जो आक्सीजन दहन अथवा श्वसन द्वारा उपयोग में ली जाती है उसकी पूर्ति पेड़-पौधे अपनी प्रकाश संश्लेषण क्रिया द्वारा वापिस आक्सीजन देकर कर देते हैं।

(स) **नाइट्रोजन** : सामान्यतया वायुमण्डलीय नाइट्रोजन को पेड़-पौधे स्वयं सीधे ग्रहण नहीं कर सकते। केवल फली वाले पौधे (leguminous plants) ही कुछ जीवाणु की सहायता से वायुमण्डलीय नाइट्रोजन को स्थिरीकरण करने की क्षमता रखते हैं। भूमि में नाइट्रोजन बिजली की चमक वर्षा एवं नाइट्रोजन स्थिरीकरण जीवाणुओं की सहायता से वायुमण्डल से पहुँचती है। मृत पौधों एवं जन्तुओं में उपस्थित प्रोटीन के सड़ने-गलने से भी भूमि में नाइट्रोजन पहुँचती है। नाइट्रोजन का सर्वाधिक भण्डार वायुमण्डल में है उसके पश्चात् सर्वाधिक नाइट्रोजन मिट्टी या मृदा में पायी जाती है। नाइट्रीकरण (nitrifying)

जीवाणु की मदद से नाइट्रोजन के यौगिक मिट्टी में पाये जाते हैं। पौधों में प्रोटीन या एन्जाइम्स के रूप में उपस्थित नाइट्रोजन को जन्तु भोजन के रूप में ग्रहण करते हैं। यही नाइट्रोजन मिट्टी को पुनः मल-मूत्र द्वारा अथवा मृत जन्तु ऊतकों द्वारा प्राप्त होती है। नाइट्रोजन चक्र को चित्र (2.8) में दर्शाया गया है।



चित्र 2.8 : प्रकृति में नाइट्रोजन चक्र

(ब) स्थलाकृतिक कारक

(Topographic factors)

स्थलाकृति शब्द का सम्बन्ध पृथ्वी के धरातर की विभिन्नता से है। भू-आकृतिक (Physiographic) विविधता के कारण किसी भी स्थान पर पायी जाने वाली वनस्पति प्रभावित होती है। पृथ्वी का धरातर सभी स्थानों पर एक समान नहीं है। कहीं पर गहरे तो कहीं ऊँचे-ऊँचे पहाड़ हैं। भू-आकृति में विविधता के फलस्वरूप ही पहाड़, नदियाँ, जलाशय एवं समुद्रों का निर्माण होता है।

सामान्यतः स्थलाकृति पौधों की वृद्धि एवं वनस्पति वितरण को सीधे प्रभावित नहीं करती बल्कि ये कारक जलवायवी कारकों (जल, प्रकाश एवं तापमान) को परिवर्तित कर पौधों एवं वनस्पति को यथोक्त रूप से प्रभावित करती है। उदाहरण के लिए सतह में केवल कुछ मिली मीटर की भिन्नता से मिट्टी की जल उपलब्धता प्रभावित होती है तथा यह बीजों के अंकुरण को सर्वाधिक प्रभावित करती है। किसी खेत अथवा सड़क के किनारे या बजर

भूमि पर थोड़ा सा गड्ढा भी पादप वृद्धि को अत्यधिक प्रभावित करता है तथा यह अन्तर एक साधारण व्यक्ति भी आसानी से देख सकता है। वर्षा का जल नीचले स्थानों पर इकट्ठा हो जाता है तथा वह पानी एक लम्बे समय तक पादप वृद्धि हेतु उपलब्ध रहता है जबकि ऊँचे स्थानों पर या गड्ढे के किनारों का जल अपेक्षाकृत जल्दी सूख जाता है। निचले स्थानों के आसपास के क्षेत्रों पर उपस्थित वृक्ष गड्ढे में उग रहे शाकीय पादपों को छाया प्रदान करते हैं जिससे उन्हें प्रकाश एवं ताप कम उपलब्ध होता है। ये प्रभाव एक अत्यन्त छोटे क्षेत्र में देखे जा सकते हैं और इस प्रकार भू-आकृति में सूक्ष्म परिवर्तन को माइक्रोटोपोग्राफी या सूक्ष्म-भू-आकृति कहते हैं।

सूक्ष्म-भू-आकृति विभिन्नताओं की तरह ही भू-आकृति में अधिक भिन्नता का वनस्पति वितरण पर अधिक प्रभाव होता है। समुद्र तल से ऊँचाई (Altitude) में परिवर्तन, पठार (Plateaus) पहाड़ (Hills) घाटियाँ (Valleys) एवं समुद्रों में भिन्न-भिन्न प्रकार की वनस्पति पायी जाती है। इस प्रकार की भिन्नताओं को निम्न चार भागों में बाँट जा सकता है :-

(अ) तुंगता अथवा समुद्र तल से ऊँचाई (altitude)

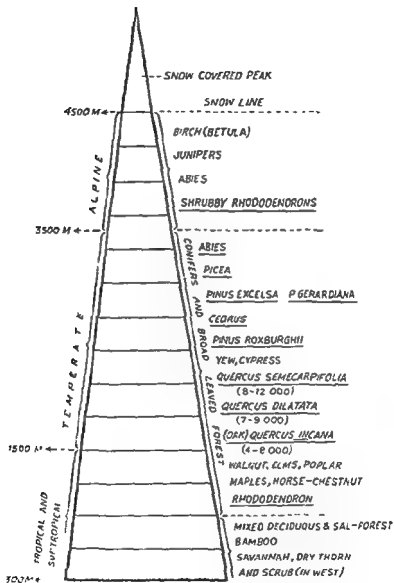
(ब) ढाल (Slope)

(स) भू-अनावरण (exposure)

(द) पर्वत मालाओं की दिशा (direction of mountain chains)

(i) तुंगता अथवा समुद्र तल से ऊँचाई (Altitude) : समुद्र तल से ऊँचाई जलवायु को परिवर्तित कर वहाँ की वनस्पति को अत्यधिक प्रभावित करती है। जैसा की पूर्व में भी लिखा जा चुका है कि ऊँचाई में बढ़ने से तापमान में कमी हो जाती है। इसी प्रकार प्रकाश तीव्रता एवं प्रकाश की मात्रा भी ऊँचाई के साथ परिवर्तित होती है। तुंगता के बढ़ने पर वायु वेग तथा वायुगुण्डलीय आर्द्रता भी बढ़ जाती है। भूमध्य क्षेत्र में भी यदि पहाड़ की ऊँचाई समुद्र तल से 6000 मीटर (20,000 फीट) है तो वह स्थान बर्फ से ढका रहेगा। भूमध्य क्षेत्र से थोड़ा उत्तर की तरफ का वह स्थलीय क्षेत्र जो समुद्र तल से 4500 मीटर (15000 फीट) से अधिक ऊँचाई पर स्थित है वहाँ भी पूरे वर्ष भर बर्फ जमी रहेगी। ऐसी ऊँचाइयों पर बादल एवं कोहर छाया रहता है। इन सभी कारकों का निश्चित प्रभाव वहाँ की वनस्पति पर पड़ता है। यदि हम मैदानी क्षेत्रों से पहाड़ों पर जाये तो इस परिवर्तन को आसानी से देख सकते हैं।

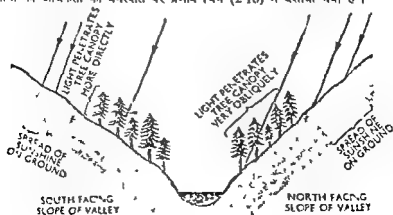
उदाहरण के लिए हिमालय की तलहटी पर यानि गंगा के ऊपरी मैदानों में (upper Gangetic plains) वर्षा पानी वन पाये जाते हैं। ऐसे स्थानों पर शीशान (*Dalbergia Sisoo*), आम (*Mangifera indica*), अर्जुन (*Terrunalia arjuna*), बबूल (*Acacia nilotica*) तथा टेमारिक्स डाइवोना (*Tamarix dioica*) जैसे वृक्ष पाये जाते हैं। थोड़ी सी ऊँचाई पर बढ़ने पर हमें शल (*Shorea robusta*), शीशान (*Dalbergia Sisoo*) एवं कचनार (*Bauhinia variegata*) के वृक्ष दिखाई देने लगेंगे। लेकिन लगभग 1200 मीटर की ऊँचाई तक पहुँचने पर शकुधारी वृक्ष (प्रमुख रूप से पाइनस या चीड़ के वृक्ष) सम्मिलित होने लगते हैं। ऐसे स्थानों पर आवला (*Phyllanthus emblica*) भी नजर आने लगता है। जैसे जैसे हम ऊँचाई की तरफ



चित्र 2.9 : हिमालय की पहाड़ी पर ऊँचाई के अनुसार वनस्पति का वितरण

बढ़ते हैं तो लगभग 1800 मीटर तक (6000 फीट) यानि मसूरी की पहाड़ियों पर हमें शकुपारी वृक्ष दिखाई देने लगते हैं जिनकी छाया में साधारणतया फर्न उगते हुए पाये जाते हैं। इससे अधिक ऊँचाई पर बढ़ने पर हम देखेंगे कि मैदानी क्षेत्र की वनस्पति की कोई भी जाति वहाँ पर नहीं पायी जाती तथा कोणपारी वृक्षों के साथ-साथ ओक वृक्षों की सख्या में भी वृद्धि होने लगती है। और अधिक ऊँचाई पर एबीज तथा क्यूप्रेसस जैसे कोणपारी वृक्ष एवं रोडोडेन्ड्रान नजर आने लगते हैं। लगभग 3600 मीटर (12,000 फीट) की ऊँचाई पर वृक्षों की मात्रा कम होकर समाप्त हो जाती है और केवल कुछ बौनी झाड़ियाँ ही पायी जाती हैं। इस स्थान से अधिक ऊँचाई पर वृक्ष नहीं पाये जाते हैं। इसी कारण इसे वृक्ष कतार (tree line) अथवा काष्ठ कतार (lumber line) कहते हैं। इससे अधिक ऊँचाई पर केवल कुछ झाड़ियाँ पायी जाती हैं जो शनैः शनैः अल्पाइन शाकीय वनस्पति में परिवर्तित होती जाती हैं जहाँ कुछ घास, लाइकेन, मॉस इत्यादि पाये जाते हैं। लगभग 4550 मीटर (15,000 फीट) की ऊँचाई के पश्चात् किसी भी प्रकार की वनस्पति नहीं पायी जाती, केवल बर्फ से ढकी भूमि ही पायी जाती है।

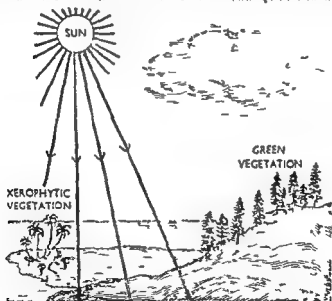
(ii) ढाल (Slope) : पहाड़ी स्थानों पर ढलान पाये जाते हैं। वर्षा का जल ढलानों से तेजी से बहकर नीचे की तरफ आ जाता है। अत्यधिक वर्षा के पश्चात् भी ढलानों की मिट्टी शुष्क ही रहती है क्योंकि वर्षा के पानी के बहकर निकल जाने के कारण जल मिट्टी में न तो अवशोषित हो पाता है और न ही वहाँ ठहर पाता है। ढलान जितना अधिक होगा जल का बहाव उतना ही तेज होगा। तेज जल बहाव वाले अधिक ढाल (steep slope) क्षेत्रों की मिट्टी भी जल के साथ बहकर नीचे आ जाती है। ऐसे स्थानों पर मरुद्भिद वनस्पति पायी जाती है। पहाड़ी ढलानों पर उगने वाले वृक्षों की जड़े खड़ी नीचे की ओर न जाकर ढलान के समान्तर बनी रहती हैं ताकि वह वृक्ष को घामे रख सके तथा कुछ मात्रा में जल को रोके रख सके। ढलानों पर जल स्तर (water table) भी काफी गहरा होता है जिससे पादपों की वृद्धि पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। ढाल कम होने पर वर्षा का जल अपेक्षाकृत कम वेग से बहता है और उसका कुछ भाग मिट्टी द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है अतः ऐसे ढलानों पर समोद्भिद पादप पाये जाते हैं। ढलानों की अधिकता का वनस्पति पर प्रभाव चित्र (2.10) में दर्शाया गया है।



चित्र 2.10 : ढाल की तीव्रता का वनस्पति पर प्रभाव

(iii) **भू-अपारण (Exposure) :** समतल भूमि पर सूर्य की किरणें एवं वायु वेग का प्रभाव समान होता है। लेकिन किसी पहाड़ी पर उसके ढलान की दिशा के कारण सूर्य की किरणें एवं वायु वेग का प्रभाव भिन्न हो सकता है। वायु दिशा की तरफ (windward side) की तुलना में वायु विपरित दिशा की ओर (leeward side) के तापमान में शीघ्र गिरावट होती है यही कारण है कि नीलगिरी के पहाड़ों पर की वायु विपरित दिशा की तरफ प्रति 100 मीटर की ऊँचाई पर 1° से 0 तापमान में गिरावट आती है।

हिमालय के पहाड़ों पर दक्षिण दिशा की तरफ वाले ढलान पर मानसून की वर्षा अच्छी होती है तथा यहाँ ठण्डी हवाएँ भी कम चलती हैं अतः यहाँ सघन वनस्पति उगती है। उत्तरी ध्रुव या आर्क्टिक से आने वाली ठण्डी हवाओं के कारण ही उत्तरी हिमालय की वनस्पति की सघनता कम होती है। इसी प्रकार पूर्व की तरफ की पर्वत श्रेणियों पर वर्षा अधिक होती है। अतः आसाम तथा उत्तरी पश्चिमी बंगाल में वनस्पति वृष्टि वनों के समान पायी जाती है जबकि पश्चिमी हिमालय पर अपेक्षाकृत काफी कम मात्रा में एवं वर्ष के कुछ भाग में ही वर्षा होने के कारण वहाँ की वनस्पति एकदम भिन्न प्रकार की होती है।



चित्र 2.11 सूर्य की किरणों का वनस्पति पर प्रभाव

(iv) **पर्वत मालाओं की दिशा (Direction of mountain chains) :** पर्वत मालाओं की दिशा भी किसी स्थान की वनस्पति को प्रभावित करती है। यदि पर्वत मालाएँ नम हवा की दिशा की तरफ हैं तो वे वायु को रोक लेती हैं तथा यह नमी युक्त वायु सघनित होकर वर्षा कर देती है। आसाम के गारो, खासी और जैन्तिया पहाड़ों पर इसी कारण वर्षा अधिक होती है। बंगाल की खाड़ी से आने वाली नम हवाएँ पहाड़ से टकरकर वर्षा करती हैं विश्व में सर्वाधिक वर्षा वाले क्षेत्र चेरापूजी में इसी कारण सबसे अधिक

वर्षा होती है और वहाँ सघन वनस्पति पायी जाती है। यह हवाये आसाम को पार कर पश्चिमी क्षेत्र की तरफ आती है और उत्तरी भारत में भी अच्छी वर्षा करती है।

अरब सागर से उठने वाली नम या मानसूनी हवाये बिना किसी अवरोध के राजस्थान राज्य के ऊपर से गुजर जाती है और यह क्षेत्र शुष्क ही बना रहता है।

हिमालय का बाहरी भाग (outer himalaya) में अधिक वर्षा होने के कारण सघन वनस्पति पायी जाती है परन्तु मध्य व केन्द्रीय हिमालय में कम वर्षा के फलस्वरूप कम वनस्पति दिखाई देती है। यही दृश्य कूल्सू घाटी के दक्षिणी एवं ऊतरी पहाड़ी भागों पर देखा जा सकता है। यहाँ दक्षिणी पहाड़ी अधिक हरी भरी तथा उत्तरी पहाड़ी (लाहोल घाटी) कम वनस्पति युक्त है।

(स) मृदीय कारक (Edaphic Factors)

पृथ्वी का वह ऊपरी आवरण जो चट्टानों के अपक्षय से बना है और जिसमें कार्बनिक पदार्थ (मृत पौधों एवं मृत जन्तुओं के अवशेष), जल, वायु इत्यादि का मिश्रण उपस्थित हो तथा जिसमें वनस्पति मूल प्रवेश कर पौधों को स्थिर कर पौधों के लिए खनिज तत्व एवं जल का अवशोषण कर सके, उसे मृदा कहते हैं। मृदा (Soil) को साधारण बोलचाल की भाषा में मिट्टी भी कहा जाता है। मृदा का अध्ययन पेड़-पौधों के अध्ययन में अत्यन्त महत्वपूर्ण है। मृदा के वैज्ञानिक अध्ययन को मृदा विज्ञान या पीडोलोजी (Pedology) कहते हैं।

लगभग सभी पादप (कुछ परजीवी एवं अधिपादपों को छोड़कर) मृदा में अपनी मूल द्वारा स्थित रहते हैं तथा उसी से जल एवं खनिज तत्व अवशोषित करते हैं। मृदा का निर्माण चट्टानों के अपक्षय (Weathering) के कारण होता है। चट्टानों के अपक्षय के फलस्वरूप उनके छोटे-छोटे कण (Small particles) बन जाते हैं। इन कणों में पौधों एवं जन्तुओं के अपघटित अवशेष मिलकर मिट्टी या मृदा का निर्माण करते हैं। अतः मृदा निर्माण को हम निम्न दो अवस्थाओं में बाँट सकते हैं —

(अ) चट्टानों का अपक्षय (Weathering of rocks)

(ब) मृदा जनन (Pedogenesis)

प्रकृति में चट्टानों का अपक्षय होना एक निरन्तर चलने वाली प्रक्रिया है जिससे बड़ी एवं कठोर चट्टानें टूटकर अत्यन्त छोटे कणों में परिवर्तित होती रहती हैं। अपक्षय की क्रिया मुख्यतया निम्न तीन कारक या शक्तियों द्वारा होती है —

(i) भौतिक कारक (Physical factors)

(ii) रासायनिक कारक (Chemical factors)

(iii) जैविक कारक (Biological factors)

चट्टानों पर मौसम के प्रभाव से चट्टानों के टूटने की क्रिया प्रारम्भ होती है। चट्टानों में उपस्थित खनिज पदार्थ गर्मी एवं सूर्य की तेज धूप के कारण फैलते हैं तथा ठण्ड एवं रात्रि में सिकुड़ते हैं। कभी-कभी अत्यन्त गर्म चट्टानों पर वर्षा का जल भी गिरता है। इससे चट्टानों की ऊपरी परत चटखने लगती है एवं उनमें दरारे पड़ जाती हैं इन दरारों

में वर्षा का जल इकट्ठा होने लगता है। वायुमण्डल में उपस्थित कार्बन डाई ऑक्साइड इस जल में अल्प मात्रा में घूल कर कार्बनिक अम्ल का निर्माण करती है और यह कार्बनिक अम्ल एक तनु अम्ल होने के कारण चट्टानों में उपस्थित कुछ खनिज पदार्थ के साथ क्रिया करता है। इससे चट्टानों के कुछ भाग का अपक्षय हो जाता है तथा मिट्टी की अत्यन्त सूक्ष्म मात्रा का निर्माण हो जाता है। लाइकेन, शैवाल या अन्य ऐसे पादप जो इस जल में अथवा गीली चट्टान पर उग सकते हैं वे वहाँ उगने लगते हैं। पुन गर्मी के मौसम में उक्त सारा पदार्थ शुष्क हो जाता है। बरसों तक इस प्रकार की प्रक्रिया के फलस्वरूप चट्टान का भाग टूटकर विलग हो जाता है। वैसे ग्लेशियर के पिघलने एवं अन्य अनेक कारणों से भी चट्टान के मोटे-2 टुकड़े टूटते रहते हैं। प्रायः ऊँचे स्थानों से गिरने वाले झरने, वर्षा की बून्दें, औसा वृष्टि आदि चट्टानों के मोटे टुकड़ों को लुढ़काकर नदियों की तेज धारा में बहा देती है। नदियों की तेज धारा में चट्टानों के टुकड़े एक दूसरे से टकराकर छोटे-2 टुकड़ों में तथा अन्त में अत्यन्त बारीक कणों में परिवर्तित हो जाते हैं। इस सारी क्रिया को चट्टानों का अपक्षय होना कहते हैं।

चट्टानों के अपक्षय से निर्मित बारीक खनिज कणों में मृत जीव जन्तुओं, पेड़-पौधों के भाग अथवा त्याज्य (Waste) पदार्थ मिल जाते हैं। इन कार्बनिक पदार्थों का बैक्टीरिया अथवा अन्य सूक्ष्म जीवों द्वारा अपघटन हो जाता है और इस प्रकार सड़ा गला मृत अवशेष बारीक खनिज कणों में सम्मिलित हो जाता है इस क्रिया को मृदा जनन या Pedogenesis कहते हैं। इस प्रकार से बना मिश्रण मृदा या मिट्टी कहलाता है।

(i) मृदा स्तरीकरण (Soil Profile) -

मिट्टी बनने की प्रक्रिया प्रकृति में अनवरत चलती रहती है। मिट्टी के सबसे ऊपर की सतह पर मृत पदार्थ एवं त्याज्य पदार्थ सर्वाधिक मात्रा में उपलब्ध होते हैं और इसी क्षेत्र में कवकों एवं जीवाणुओं की उपस्थिति के कारण मृत पदार्थों को सड़ाने की क्रिया अत्यन्त सक्रियता से होती है अतः ह्यूमस का निर्माण भी ऊपरी सतह पर अधिक एवं मृदा की गहराई के साथ उतरोत्तर कम होता जाता है। अतः मृदा की ऊपरी परत एवं नीचे की परतों के रूप, रंग एवं बनावट में अन्तर पाया जाता है। यदि किसी स्थान पर उपस्थित मिट्टी में एक सीधी खाई खोदी जाय तो मृदा की भिन्न-भिन्न परतों का अध्ययन सरलता से किया जा सकता है। इस प्रकार मृदा की परतों के अध्ययन को मृदा स्तरीकरण या Soil Profile कहते हैं। किसी स्थान पर पाये जाने वाले मृदा स्तरीकरण को चित्र (2.12) में दर्शाया गया है। मृदा में पायी जाने वाली भिन्न-2 परतों को A, B, C एवं D परत में विभाजित किया जाता है।

1. A संस्तर (A horizon) -

मृदा स्तरीकरण की यह सबसे ऊपर की परत है। इसे ऊपर की मिट्टी या उपरिमृदा (Top Soil) कह सकते हैं। मिट्टी की इसी परत में पौधों की जड़े इत्यादि पायी जाती हैं। इसकी मोटाई अलग-अलग प्रकार के आवासों में भिन्न-भिन्न होती है इसका रंग नीचे की परतों की अपेक्षा अधिक गहरा होता है और गठन (Texture) की दृष्टि से यह अपेक्षाकृत हल्की (Light) परत होती है। अधिक सख्खिता (Porosity) के कारण इस परत में जल आसानी से प्रवेश कर जाता है इसमें ह्यूमस की अधिकता रहती है। गठन,

क्रिया एवं रंग के आधार पर इस सस्तर को पुनः निम्न सहस्तरों में विभाजित किया जाता है।

(अ) A₀₀ सहस्तर — यह सबसे ऊपर की सहस्तर (Sub layer) है जिसका निर्माण पौधों से गिरी पत्तियों, टहनियों, अन्य मृत जीवों, जीव अंगों अथवा त्याज्य (Excretory) पदार्थों से होता है। इस परत पर पड़े सभी पदार्थों को आसानी से पहचाना जा सकता है।

(ब) A₀ सहस्तर — यह महस्तर A₀₀ के ठीक नीचे होता है और यहाँ पर मृत जैव पदार्थों का अपघटन प्रारम्भ हो जाता है। इस सहस्तर में सूक्ष्म जीवों, कवक एवं कीटों आदि की संख्या सर्वाधिक होती है। यहाँ पर उपस्थित जैव अवशेषों का पूर्ण अपघटन नहीं हो पाता है फिर भी जीवों अथवा उनके भागों पहचाना नहीं जा सकता। इस परत का रंग कुछ गहरा होता है।

(स) A₁ सहस्तर — यह सहस्तर रंग में गहरा एवं सर्वाधिक कार्बनिक पदार्थों की मात्रा से युक्त होता है। ये कार्बनिक पदार्थ शैल कणों के खनिज कणों में मिश्रित हो ह्यूमस (Humus) का निर्माण करते हैं। ह्यूमस की उपस्थिति के कारण इसका रंग गहरा भूरा या काला होता है। इस सहस्तर में कार्बनिक पदार्थों के अतिसूक्ष्म कण तथा खनिज लवणों के मिश्रित रहने से इसे ह्यूमिक (Humic) या मेलैनाइज्ड क्षेत्र (Melanized region) भी कहते हैं।

(द) A₂ सहस्तर — इस सहस्तर में कार्बनिक पदार्थों की मात्रा कम तथा खनिज लवणों की मात्रा अधिक हो जाती है। अपेक्षाकृत इसका रंग भी कम गहरा होता है। अधिक वर्षा वाले क्षेत्रों में इस सहस्तर से खनिज व कार्बनिक पदार्थ निक्षालित (bleach) होकर नीचे की परतों में चले जाते हैं इसी कारण से इस सहस्तर को निक्षालित क्षेत्र (Zone of bleaching) भी कहा जाता है।

2. बी सस्तर (B horizon) —

ए सस्तर के नीचे वाली परत को B सस्तर कहा जाता है इसे अवमृदा या Subsoil भी कहते हैं। अवमृदा का रंग उपरिमृदा की अपेक्षा कम भूरा होता है। यह परत अपक्षयी शैल पदार्थों की बनी होती है जिसमें बहुत से विलयशील खनिज तथा महीन शैल कणिकाएँ मिली होती हैं और यह विलय शैल पदार्थ उपरिमृदा से नीचे की ओर रिसते हुए जल के साथ आ जाती है। यह परत लगभग जैव रहित होती है। वर्षा का रिसता हुआ जल अवमृदा में एकत्रित हो जाता है। यही जल बाद में कैपिलारिटी (Capillarity) द्वारा उपरिमृदा की ओर चढ़ता है।

रंग एवं संगठन के आधार पर B सस्तर को भी B₁, B₂, एवं B₃ सहस्तरों में विभाजित किया जाता है।

3. सी सस्तर (C Horizon) —

अपूर्ण अपक्षयित चट्टानों की यह परत बी सस्तर के नीचे पायी जाती है। बड़े एवं विशाल वृक्षों की जड़े अनेकों बार इस सस्तर में पहुँच जाती हैं। इस क्षेत्र में जैविक सक्रियता न्यूनतम होती है।

4. डी संस्तर (D Horizon) -

यह संस्तर मातृ चट्टानों (Parent rocks) का बना होता है। इन चट्टानों के ऊपर जल एकत्रित होता है।

मृदा स्तरीकरण का स्वस्थ मिश्र-मिश्र स्थानों पर मिश्र होता है। मृदा स्तरीकरण का स्वस्थ किसी भी स्थान की जलवायु तथा वहाँ उपस्थित वनस्पति पर अधिक तथा मातृ चट्टानों (Parent rocks) पर कम निर्भर करता है। घास स्थलों की अपेक्षा वन क्षेत्रों में उपरिमृदा का स्तर प्रायः मोटा होता है। ऐसे स्थानों पर जहाँ वनस्पति नहीं पायी जाती वहाँ उपरिमृदा का निर्माण नहीं हो पाता है। ऐसे क्षेत्रों में अवमृदा भूगुठ तक पहुँच जाती है और मृदा स्तरीकरण केवल एक ही संस्तर का बना होता है।

(ii) मृदा संगठन (Composition of Soil) -

किसी भी स्थान की मृदा में खनिज कण, कार्बनिक पदार्थ, जल एवं वायु पाये जाते हैं। अलग-अलग स्थानों की मृदा में इनकी प्रतिशत मात्रा में भिन्नता सम्भव है लेकिन किसी बगीचे की मानक मृदा में इनकी मात्रा निम्न प्रकार की होती है -

- 1 खनिज कण (Mineral matter) लगभग 40%
- 2 कार्बनिक पदार्थ (Organic matter) लगभग 10%
- 3 मृदा जल (Soil water) लगभग 25%
- 4 मृदा वायु (Soil air) लगभग 25%

मृदा में उपस्थित खनिज कण हील चट्टानों के अपक्षय के फलस्वरूप प्राप्त होते हैं और इनके कणों का आकार भिन्न-भिन्न होता है। कणों के आकार के आधार पर इन्हें निम्न भागों में विभाजित किया गया है।

कणों के नाम	कणों का आकार (ध्रुव)
ककड़ (Gravel)	200 मि० मी० से अधिक
मोटी बालु (Coarse sand)	200 से 0.2 मि० मी० तक
बारिक बालु (Fine sand)	0.2 से 0.02 मि० मी० तक
गाद (Silt)	0.02 से 0.002 मि० मी० तक
चिकनी मिट्टी (Clay)	0.002 मि० मी० से कम

(iii) मृदा गठन (Soil texture) -

मृदा में उपस्थित खनिज कणों का आकार तथा उनकी मात्रा मृदा गठन का निर्माण करता है। खनिज कणों की अधिकता अथवा न्यूनता ही मृदा गठन को नियंत्रित करता है। मृदा गठन के आधार पर मृदा को निम्न सात श्रेणियों में विभाजित किया जाता है-

क्र० स० मृदा गठन प्रकार	मृदा कणों की मात्रा
1 बलुई मृदा (Sandy soil)	बालु कण अधिक मात्रा में
2 चिकनी मृदा (Clayey soil)	चिकनी मिट्टी अधिक मात्रा में
3 दुनट मृदा (Loam soil)	बालु, गाद व चिकनी मिट्टी लगभग समान मात्रा में
4 बलुई दुनट मृदा (Sandy loam soil)	दुनट मिट्टी में बालु की मात्रा अधिक
5 गाद दुनट मृदा (Silt loam soil)	दुनट मिट्टी में गाद की मात्रा अधिक
6 बलुई चिकनी मृदा (Sandy loam soil)	दुनट मिट्टी में चिकनी मिट्टी की अधिकता
7 बलुई चिकनी मृदा (Sandy clay soil)	बालु व चिकनी मिट्टी समान मात्रा में

मृदा गठन का पौधों पर प्रभाव —

- 1 मृदा में अधिक गाद एवं चिकनी मिट्टी की उपस्थिति से मूल वृद्धि तथा पार्श्व मूलों के सर्वांग पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।
- 2 मोटे गठन (Coarse-textured) मृदा पर वर्षा का जल गिरने पर तुरन्त अवशोषित हो जाता है जबकि बारीक गठन (Fine textured) मृदा में जल अवशोषण अपेक्षाकृत धीरे होता है।
- 3 मृदा का बारीक गठन जल की गति (Movement of water) को कम कर देता है।
- 4 बारीक गठन मृदा के प्रति इकाई आयतन में अधिक जल धारण क्षमता (Water holding capacity) होती है। हालांकि बारीक गठन मृदा में जल धारण क्षमता अधिक पायी जाती है फिर भी (i) यह जल मृदा की ऊपरी परत में ही संचित होता है और जल्द ही सूख जाता है। (ii) जल को अपने भीतर प्रवेश आसानी से नहीं होने देता जिससे अधिकतर वर्षा जल बहकर निकल जाता है (iii) मूल प्रवेश का प्रतिरोध करने से मूल गहरे जल क्षेत्रों तक नहीं पहुँच पाती (iv) मृदा वायु की कमी के कारण मूल विकास पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।
- 5 बारीक गठन के मृदा कणों में उपस्थित कोलायड कणों से पोषक तत्व विपके (Adsorbed) रहते हैं जिसके फलस्वरूप बारीक गठन मृदा में अधिक उपजाऊ क्षमता पायी जाती है।
- 6 बारीक गठन वाली कोलायड चिकनी मिट्टी में aggregation क्षमता अधिक होती है जिससे उसकी जल एवं पोषक तत्वों को समोजित करने की क्षमता बढ़ जाती है। ऐसी aggregated मृदा पादन विकास हेतु उपयुक्त

होती है और इसके कण जल एवं वायु द्वारा आसानी से अपरदित (Erosion) नहीं हो पाते।

7. (i) बलुई मिट्टी में अन्तर कणीय स्थान अधिक होने के कारण अधिक वायु उपलब्ध होती है जिससे ह्यूमस का आक्सीकरण हो जाता है और यह पौधों के पूर्ण विकास के लिए उपयुक्त नहीं होती। (ii) जिस मृदा में सभी प्रकार के कण लगभग समान मात्रा में पाये जाते हैं तथा कणों का aggregation अच्छा होता है ऐसी मिट्टी के अन्तरकणीय स्थानों में जल व वायु की उपलब्धता अच्छी रहती है। ऐसी मृदा वनस्पति के विकास एवं वृद्धि के लिए सर्वाधिक उपयुक्त होती है। (iii) अधिक भारी मिट्टी में aggregation कम पाया जाता है। इसमें आक्सीजन की कमी हो जाती है तथा कार्बन डाईआक्साइड की अधिकता के कारण पौधों की मूल को हानि पहुँचने की संभावना रहती है।

(iv) कार्बनिक पदार्थ (Organic matter) -

जैसा कि पूर्व में बताया जा चुका है कि पौधों एवं जन्तुओं के मृत भागों तथा त्याज्य पदार्थों के अपघटन से मृदा में कार्बनिक पदार्थों का निर्माण होता है। अपघटन का यह कार्य प्रमुख रूप से सूक्ष्म जीवों (कवक एवं बैक्टीरिया) द्वारा सम्पन्न होता है। प्राकृतिक वनों, चारागाहों आदि स्थानों पर प्रतिवर्ष पत्तियाँ, टहनियाँ, फल, फूल एवं अन्य जन्तुओं का मल इत्यादि जमा होता रहता है। भूमि पर सूखे पत्ते, टहनियाँ आदि की तरह बन जाती है। जिसे लीटर (Litter) कहते हैं। इस लीटर का सूक्ष्म जीवों एवं अन्य जीवों द्वारा अपघटन होता है। अपघटित पदार्थ एक कार्बनिक पदार्थ होता है जो रंग में काला अथवा गहरा भूरा, भार में हल्का तथा चूर्ण के रूप में पाया जाता है। अपघटन की क्रिया में कार्बन डाई आक्साइड, अमोनिया, हाइड्रोजन सल्फाइड आदि गैसें निकलकर वायुमण्डल में विलीन हो जाती हैं। अपघटन के पश्चात् बचे ठोस पदार्थ में पोषण की दृष्टि से दो मुख्य रासायनिक पदार्थ होते हैं।

(i) कार्बनिक पदार्थ तथा (ii) अनेक प्रकार के घुलनशील अकार्बनिक लवण। मृदा कार्बनिक पदार्थ अधिकांशतः भूमि की ऊपरी परतों में पाया जाता है तथा सूक्ष्म जीवों की प्रक्रिया के फलस्वरूप भारी कणों में टूटकर मृदा में मिश्रित हो जाते हैं। इससे पौधों को खनिज पदार्थों की पूर्ति होती रहती है। मृत जैव भागों के अपघटित होकर ह्यूमस में परिवर्तित होने की क्रिया को ह्यूमिफिकेशन (Humification) कहते हैं। ह्यूमस का खनिज लवणों में परिवर्तित होने की क्रिया खनिजीकरण (Mineralisation) कहलाता है।

मृदा में ह्यूमस की उपस्थिति पादप वृद्धि के लिए अत्यन्त आवश्यक है। कार्बनिक पदार्थ की मृदा में उपस्थिति का निम्नांकित महत्व है -

- (i) ह्यूमस की उपस्थिति से मृदा की रन्ध्रता (Porosity) बढ़ जाती है। रन्ध्रता अधिक होने पर मृदा में जल एवं वायु का प्रवेश सुगम हो जाता है जिससे मृदा की जलपोषण क्षमता बढ़ जाती है।

- (ii) ह्यूमस की प्रकृति कोलाइडी होती है। इसकी उपस्थिति से मृदा की जल धारण क्षमता (Water holding capacity) बढ़ जाती है।
- (iii) ह्यूमस की उपस्थिति से मिट्टी की जुड़ाव (Binding) क्षमता अधिक हो जाती है अतः बालू मिट्टी में ह्यूमस की उपस्थिति से खनिज कण आपस में चिपके रहते हैं जिससे वनस्पति का उचित विकास एवं वृद्धि होती है।
- (iv) ह्यूमस की प्रकृति अम्लीय होती है। यह मृदा में उपस्थित क्षार लवणों से संयुक्त हो जाता है और इस प्रकार मृदा के क्षार लवणों के ह्रास को रोकता है।
- (v) ह्यूमस युक्त मृदा में मृदा जीव (Soil organism) जैसे — केचुआ, जीवाणु कवक इत्यादि की अधिकता पाई जाती है। ये जीव मिट्टी के उर्वराकरण को बढ़ाते हैं।
- (vi) ह्यूमस में उपस्थित विभिन्न प्रकार के पोषक तत्व (N, P, K, Ca Mg) पौधों के विकास हेतु आसानी से उपलब्ध हो जाते हैं।

(v) मृदा जीव (Soil Organism) —

मृदा में अनेक प्रकार के जीव (गुप्त एवं सूक्ष्म जीव) पाये जाते हैं। मिट्टी में जीवाणु, कवक, प्रोटोजोआ, केचुआ आदि अनेक प्रकार के जीव पाये जाते हैं। मृदा जीवों की उपस्थिति पेड़-पौधों के विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। सुविधा की दृष्टि से मृदा जीवों को दो श्रेणियों में बाँटा जा सकता है।

(अ) मृदा वनस्पति जगत (Soil flora) — इसमें शैवाल, नील हरित शैवाल, जीवाणु, कवक, माइकोप्लाज़ा, पौधों के भूमिगत भाग इत्यादि सम्मिलित किये जाते हैं।

(ब) मृदा प्राणिजगत (Soil fauna) — इसमें केचुएँ, आर्थ्रोपोड्स, रोडेन्ट्स, प्रोटोजोआ, नीमेटोड, कीट, दीमक इत्यादि सम्मिलित किये जाते हैं।

मृदा जीवों की उपस्थिति पौधों के विकास में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है कुछ कार्य निम्न प्रकार हैं —

- (i) मृदा में उपस्थित मृदा जीवों एवं त्प्राज्य पदार्थों को सूक्ष्म जीव अपघटित कर साधारण रासायनिक पदार्थों में बदल देते हैं। इससे मृदा में पोषक तत्वों की मात्रा बढ़ जाती है। इस प्रकार खनिज लवणों का चक्र लगातार चलता रहता है।
- (ii) मृदा में उपस्थित सूक्ष्मजीव प्राकृतिक अपमार्जनकों का कार्य भी करते हैं। इस प्रकार मिट्टी की सफ़ाई लगातार होती रहती है और वहाँ कचरा जमा नहीं हो पाता।
- (iii) अनेक मृदा सूक्ष्मजीव जैसे— वायुमण्डलीय नाइट्रोजन स्थिरीकरण जीवाणु (उदाहरण — एज़ेटोबैक्टर, क्लोस्ट्रीडियम आदि) अपना लिग्युमिनोसी कुल की श्रवित मूल में उपस्थित जीवाणु (उदाहरण — राइज़ोबीयम) वायुमण्डलीय नाइट्रोजन का स्थिरीकरण कर मृदा की उर्वरकता बढ़ाने का महत्वपूर्ण कार्य करते हैं।

- (iv) अनेक मृदा जीव मूल की बाहरी सतह पर वृद्धि प्रेरक पदार्थों का निर्माण करते हैं। इन रसायनों में इन्डोल ऐसेटिक अम्ल एवं जिबरलिनिक अम्ल प्रमुख हैं। कुछ जीवाणु अथवा कवक मूल के आसपास के क्षेत्र जिसे मूल मण्डल (Rhizosphere) कहते हैं वहाँ अपनी विशिष्ट क्रियाओं द्वारा इस प्रकार के रसायनों का उत्पादन करते हैं।
- (v) मृदा की उर्वरकता बढ़ाने में केचुओं का महत्वपूर्ण योगदान है। केचुएँ मिट्टी को खाकर इसे पुरीख (Casting) के रूप में बाहर निकालते हैं। ये मिट्टी को उलट-पलट कर उसका अच्छा मिश्रण तैयार करते हैं। मिट्टी के कणों को बारीक पीसने का कार्य भी केचुएँ के गिज़ार्ड (Gizzard) में होता है। मिट्टी के बारीक कण एवं अपाच्य भोजन केचुएँ के शरीर से छोटी-छोटी गोतियों के रूप में बाहर निकल आता है। इस प्रकार मिट्टी नरम, बारीक एवं वायु मिश्रित हो जाती है।
- (vi) अनेक उच्च श्रेणी पादपों (बीजीय पादपों) में पौधों की जड़ों के चारों तरफ एक कवक लिपटी रहती है जिसे माइकोराइज़ा (Mycorrhiza) कहते हैं। इस प्रकार के पौधे अकुरण के परभाव कवक विहिन मृदा में वृद्धि नहीं कर पाते। कवक की उपस्थिति मूल के जल अवशोषण एवं खनिज पोषण में सहायक होती है। मूल एवं माइकोराइज़ा का यह सम्बन्ध सहजीविता का एक उदाहरण है। ऐसे पौधों की मूल में मूल रोमों का अभाव होता है जिसकी पूर्ति कवक द्वारा होती है।

(vi) मृदा जल (Soil Water) --

मृदा में जल की मात्रा भिन्न-भिन्न होती है। वैसे तो प्रकृति में मृदा जल का मुख्य स्रोत वर्षा का जल है लेकिन बाग-बागीचों तथा खेतों में सिंचाई द्वारा भी मृदा को जल प्राप्त होता है। भारी वर्षा का पानी अधिकतर ढालों में बहकर निकल जाता है। इसे वाह जल (Run away water) कहते हैं। यह जल तलाबों, नदियों से बहकर समुद्रों में चला जाता है। कुछ जल गुरुत्व (Gravity) के प्रभाव से मृदा-कणों के बीच से होता हुआ भूमि में रिस कर नीचली परतों में चला जाता है तथा अन्त में भीम - जल स्तर (Water table) तक पहुँच जाता है। यह जल पौधों को उपलब्ध नहीं होता तथा प्रायः इसका भूमि के ऊपरी सस्तर से निष्कासन एक या दो दिन में हो जाता है। किन्हीं कारणों से यदि यह जल मृदा में अधिक समय तक रह जाये तो आक्सीजन के अभाव तथा कार्बन डाई आक्साइड की अधिकता से पादप मूल क्षतिग्रस्त हो जाती है और पौधों को भारी क्षति पहुँचती है।

वर्षा जल का कुछ भाग मृदा कणों द्वारा गुरुत्वीय बल के विरुद्ध रोक लिया जाता है और यह जल मृदा को आर्द्र (Wet) बनाता है। कुछ जल मृदा कोलाइडों द्वारा बलपूर्वक बद्ध (Tightly held) रखा जाता है और कोलाइड इसे अपने में अवशोषित कर लेते हैं। इस प्रकार मृदा कोलाइडों का जल धारकों के रूप में बहुत महत्व है। जब भूमि शुष्क हो जाती है तो ये कोलाइड वायुमण्डल से कुछ नमी को अपने अन्दर अवशोषित करने

की क्षमता रखते हैं। इस प्रकार मृदा कोलाइडों द्वारा अवशोषित जल को आर्द्रता जल (Hygroscopic water) कहते हैं। जल की वह मात्रा, जिसे मृदा की एक मिलीमीटर मोटी परत लगभग सतृप्त वायुमण्डल से किसी स्थायी ताप पर, ग्रहण कर सकती है और इस मात्रा को मिट्टी के शुष्क भार के प्रतिशत के रूप में व्यक्त किया जाए तो उसे उस मिट्टी का आर्द्रता ग्राही गुणांक (Hygroscopic coefficient) कहते हैं। वायु शुष्क मृदा (Air dry soil) में भी आर्द्रता जल पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध रहता है। हालांकि आर्द्रता जल मृदा में कुछ मात्रा में साधारणतया हमेशा उपलब्ध रहता है फिर भी यह जल पौधों के अवशोषण हेतु अनुपलब्ध होता है।

मृदा के छनिज अणुओं में अल्प मात्रा में जल रासायनिक बन्धों द्वारा बद्ध रहता है इसे रासायनिक संयुक्त जल (Chemically combined water) कहते हैं। पौधों की मूल इस जल का अवशोषण करने में असम होती है अतः यह जल भी पौधों को अवशोषण हेतु उपलब्ध नहीं होता।

मृदा की अकोलायड़ी कणिकाओं के बीच के स्थानों में भी जल जमा हो जाता है अथवा जल की कुछ मात्रा इस कणों के चारों तरफ एक पतली परत के रूप में विद्यमान होती है। इस जल को केशिकाजल या कैपिलरी जल (Capillary water) कहते हैं। यह जल सहजता से पादप मूलों द्वारा अवशोषित किया जा सकता है अतः पौधों के लिए इस जल का अत्यन्त महत्व है। इसके अतिरिक्त मृदा कणों के मध्य स्थानों में कुछ जल वायु में वाष्प के रूप में भी उपस्थित होता है पौधे जड़ों द्वारा जल वाष्प का उपयोग नहीं कर सकते।

आर्द्रता जल एवं केशिका जल के योग को मृदा की उच्चतम जल धारण क्षमता (Maximum water holding capacity) कहते हैं। वास्तव में यह जल सतृप्त मृदा में उपस्थित जल की मात्रा है। इसे ज्ञात करने के लिए शुष्क मृदा के इकाई आयतन को 24 से 48 घण्टे तक जल में डुबोया जाता है। जल में डुबोने से पूर्व एवं पश्चात् इसका भार लिया जाता है तथा इसके अन्तर को उक्त मृदा की उच्चतम जल धारण क्षमता प्रति इकाई आयतन के रूप में लिखा जाता है। मृदा में कोलायडी पदार्थों की अधिकता उसकी जल धारण क्षमता को बढ़ा देती है। उदाहरण के लिए मोटी बालू अपने शुष्क भार के केवल 10% जल को ही धारण कर सकती है जबकि दोमट मिट्टी (Loam soil) में यह मात्रा 35% अथवा इससे अधिक होती है तथा चिकनी मिट्टी में जल धारण क्षमता की मात्रा इससे भी अधिक होती है।

वर्षा के पश्चात् मुख्य बल के फलस्वरूप जल मिट्टी के नीचे की परतों में से होता हुआ भूमि जल सस्तर सतह (Soil water table) में पहुँच जाता है। मृदा की प्रकृति के अनुसार जल एक से पाँच दिन के अन्दर भूमि जल सस्तर तक पहुँचता है। जल की वह मात्रा जो मुख्य जल की निवासी के पश्चात् भी मृदा में उपस्थित रहती है, उसकी क्षेत्र क्षमता (Field capacity) कहलाती है। किसी भी मृदा की क्षेत्र क्षमता अनेक कारणों पर निर्भर करती है जिसमें मृदा गठन, मृदा कणों के आकार, कणों की व्यवस्था एवं

सघनता तथा मृदा क्वेलायडो की मात्रा सबसे अधिक महत्वपूर्ण है। क्षेत्र क्षमता को निम्न समीकरण से प्रदर्शित कर सकते हैं -

$$\text{Field capacity} = \text{Capillary water} + \text{Hygroscopic water} + \text{Chemically combined water} + \text{water vapour}$$

मृदा में उपस्थित जल की वह मात्रा जो मिट्टी में, उसे 30 मिनट तक गुरुत्व से 1000 गुणा अपकेन्द्र बल (Centrifugal force) से प्रभावित करने के बाद भी शेष रह जाती है, उसका आर्द्रता तुल्याक (Moisture equivalent) कहलाता है। पारिस्थितिकी अध्ययनों में आर्द्रता तुल्याक का अत्यन्त महत्त्व है।

भूमि में उपस्थित समस्त जल पौधों को अवशोषण हेतु उपलब्ध नहीं होता। जिस जल को पौधे अवशोषित कर सकते हैं उसे प्राप्य जल (Available water) कहते हैं। सामान्यतः यह कैपिलरी जल होता है जिसका मान क्षेत्र क्षमता वया म्लानि गुणाक (Wilting coefficient) के अन्तर के बराबर होता है। म्लानि गुणाक आर्द्रता की वह प्रतिशतता है जो मिट्टी में उस समय होती है जब पौधे में पहली बार स्थायी म्लानि (Permanent wilting) उत्पन्न होती है। मुख्यतः यह मृदा की प्रकृति पर निर्भर करता है और इसका मान आर्द्रता ग्राही गुणाक से कुछ अधिक होता है। इन दोनों में परस्पर सम्बन्ध को निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जाता है -

$$\text{म्लानि गुणाक} = \frac{\text{आर्द्रता ग्राही गुणाक}}{0.68}$$

म्लानि गुणाक का आर्द्रता तुल्याक (Moisture Equivalent) से भी सम्बन्ध है जो निम्न प्रकार है -

$$\text{म्लानि गुणाक} = \frac{\text{आर्द्रता गुणाक}}{1.84 \pm 0.013} = \frac{\text{जल धारण क्षमता}}{2.90}$$

एक अन्य परिभाषा के अनुसार भूमि में जल की कुल मात्रा को समस्त जल या होलार्ड (Holard) कहते हैं। इस मात्रा में से उस जल अंश को, जो पौधों द्वारा अवशोषित हो सकता है अथवा जो प्राप्य मृदा जल (Available water) है उसे क्रेशार्ड (Chresard) कहते हैं तथा उस जल को जो पौधों द्वारा अवशोषित नहीं हो सकता उसे अप्राप्य जल या इकार्ड (Echard) कहते हैं। इसे निम्न समीकरण द्वारा भी लिखा जा सकता है -

$$\text{Holard} = \text{Chresard} + \text{Echard}$$

$$\text{Chresard} = \text{Holard} - \text{Echard}$$

$$\text{Echard} = \text{Holard} - \text{chresard}$$

पौधों का व्यवहार क्रेशार्ड द्वारा निर्धारित होता है। होलार्ड, क्रेशार्ड तथा इकार्ड का मान विभिन्न मृदाओं के लिए भिन्न-भिन्न होता है। उदाहरणतः मृत्तिका दुमट (Clay loam) में, जिसकी जल धारण क्षमता 35% होती है वहाँ इकार्ड का मान 10% के लगभग हो

मरता है जबकि बलुई टुण्ड में जिमकी जल धारिता 12% हो, इकाई का मान केवल 1% ही हो सकता है। प्रायः यह देखने में आता है कि पोषे बलुई मिट्टी (Sandy soil) में भली भौति रह सकते हैं। इसका कारण यह है कि ऐसी मृदाओं के जल की अधिकांश मात्रा पोषा द्वारा अवशोषित हो सकती है। ब्रेसार्ड तथा इकाई का निर्धारण विभिन्न पादप जानियाँ के मूल तन्त्र के प्रकार तथा वितरण पर भी निर्भर करता है। किसी मृदा विशेष में कुछ पोषे अन्य मृदा की अपेक्षा अधिक जल अवशोषित कर सकते हैं। इस कारण जल विशेष के लिए इकाई का मान महत्वपूर्ण है।

(vii) मृदा वायु (Soil Air) --

मृदा जगा के अन्तर कणिक स्थानों में वायु अथवा जल उपस्थित होते हैं। जल ब्रान्त (Water logged) मिट्टी में वायु नहीं होती। पादप-मूल द्वारा जल अवशोषण मृदा वायु की उपस्थिति में ही संभव है। वायु में उपस्थित आक्सीजन का उपयोग न केवल पादप मूल द्वारा बल्कि अन्य मृदा-जीवा द्वारा भी स्वसन हेतु किया जाता है जिसके फलस्वरूप सामान्यतः मृदा वायु में वायुमण्डलीय वायु की अपेक्षा अधिक कार्बन डाई आक्साइड एवं कम आक्सीजन पायी जाती है। पादप मूल श्वसन द्वारा आक्सीजन ग्रहण करती है। श्वसन से मूल कोशिकाओं में ऊर्जा उत्पन्न होती है और यह ऊर्जा जल एवं खनिज लवणों के सक्रिय अवशोषण (Active absorption) के लिए अत्यन्त आवश्यक है। मृदा में आक्सीजन की कमी से नयी मूल रोमा की वृद्धि एवं विकास नहीं हो पाता इससे मूल की उन्नयन प्रक्रिया प्रभावित होती है और जल तथा खनिज लवणों के अवशोषण में बाधा उत्पन्न हो जाती है जब मूल भूमि में मूल अत्यन्त छोटी एवं भूमि के ऊपर के भाग में ही उपस्थित होती है जबकि एक सुवातित मृदा (Well aerated soil) में मूल का सामान्य विकास होता है।

सुवातित मृदा में मूल एवं अन्य मृदा जीवों (Soil organisms) के श्वसन के फलस्वरूप निकली कार्बन डाई आक्साइड वायुमण्डलीय वायु से विनियम कर मृदा वायु को विषैली (Toxic) नहीं मान ली। अवतित मृदा (Poorly aerated soil) में कार्बन डाई आक्साइड मृदा में ही इकट्ठा हो जाती है। इसमें भूमि में अम्लता एवं विषैलापन बढ़ जाता है।

मृदा वायु में उपस्थित आक्सीजन मृदा की ऊर्ध्व शक्ति बढ़ाने में महत्वपूर्ण योगदान देती है। यह अविलेय खनिजों को विलेय लवणों में विघटित करने तथा ह्यूमस निर्माण की क्रिया में आवश्यक भूमिका निभाती है। आक्सीजन की उपस्थिति से ह्यूमस निर्माण के फलस्वरूप जीव अवशेषों में बद्ध (Locked up) पोषक पदार्थ विलेय घटक के रूप में परिवर्तित हो जाते हैं। बीजों के अंकुरण, मूल वृद्धि, मूल रोमों के परिवर्धन एवं अन्य अनेक क्रियाओं में आक्सीजन की आवश्यकता होती है।

जब मृदा में जल की अधिकता हो जाती है तो मृदा वायु कम हो जाती है। अच्छी वर्षा अथवा अधिक सिंचाई के फलस्वरूप इस प्रकार की स्थिति उत्पन्न हो जाती है। ऐसी मिट्टी को यांत्रिक विधि से (खुरपी करना, आदि) पलट कर वायु की समुचित मात्रा का समावेश कराया जाता है।

(viii) मृदा तापमान (Soil Temperature) --

मृदा तापमान का पौधों पर प्रभाव पड़ता है। यह प्रभाव ठण्डे प्रदेशों में विशेष रूप से देखा जा सकता है। जब तापमान किसी विशेष अनुकूलतम तापमान से कम हो जाता है तो मूल की कार्य क्षमता में कमी आ जाती है। जब तापमान किसी विशेष न्यूनतम तापमान से कम हो जाता है तो जल अवशोषण बन्द हो जाता है। ऐसी ठण्डी मृदा को क्रियात्मक शुष्क (Physiologically dry) मृदा कहते हैं। पौधे की मूल की निम्न ताप सहन करने की क्षमता वायवीय भागों की अपेक्षा कम होती है। मृदा का निम्न तापमान पौधों में नैनोपन (Nanism dwarf size) को प्रेरित करता है। ठण्डी मृदा श्यान (Prostrate) प्ररोह तन्त्र तथा रोजेट सदृश्य (Rosette like) वृद्धि को प्रेरित करती है जबकि गरम मृदा में उगने वाले पौधे पतले तथा ऊँचे होते हैं।

मृदा का तापमान सूक्ष्म जीवों की सक्रियता को भी प्रभावित करता है। मिट्टी में ह्यूमस का निर्माण, नाइट्रीकरण, जल का निस्तारण आदि अनेक क्रिया कलाप मृदा तापमान से प्रभावित होते हैं। मृदा के ऊपर की परत बाह्य तापमान के परिवर्तन से प्रभावित होती है जबकि गहरी परतें आसानी से प्रभावित नहीं होती। साधारणतया मिट्टी की गहरी परतों में तापमान का परिवर्तन नहीं पाया जाता।

मृदा ताप उसके रंग, गठन, संरचना, जल मात्रा, ह्यूमस की मात्रा, तथा वनस्पति आवरण (vegetation cover) से प्रभावित होता है। बालुई मृदा दिन में जल्दी गर्म हो जाती है और रात्रि में अपेक्षाकृत जल्दी ठण्डी हो जाती है जबकि दुमट या चिकनी मिट्टी में तापमान परिवर्तन धीरे होता है।

(ix) मृदा अभिक्रिया (pH मान) (Soil Reaction or pH Value) --

ऐसा विलयन जिसमें H^+ तथा OH^- आयन एक दूसरे के समान हो उसे उदासीन विलयन कहते हैं। यदि H^+ की सान्द्रता OH^- की सान्द्रता से अधिक होती है तो विलयन अम्लीय हो जाता है और यदि इसका विपरीत होने पर क्षारीय कहलाता है। pH का मान 7.0 होने पर विलयन उदासीन होता है इससे कम मान होने पर यह अम्लीय एवं इससे अधिक होने पर क्षारीय गुण दर्शाता है।

(अ) अम्लीय मृदा -- मृदा उदासीन, अम्लीय या क्षारीय हो सकती है। यह गुण मृदा में उपस्थित अम्लीय एवं क्षारीय तत्वों एवं खनिजों की मात्रा पर निर्भर करता है। अधिक वर्षा वाले क्षेत्रों में पुलनशील क्षारीय तत्व जैसे कैल्शियम कार्बोनेट आदि जल के साथ रिस कर (Percolate) निक्षेपित (Leach) हो जाते हैं और इससे मृदा अम्लीय हो जाती है। पौधों द्वारा चूने या अन्य क्षारक तत्वों के सतत अवशोषण तथा कुछ उर्वरकों (विशेषतः अमोनिया सल्फेट) के अम्ल आयनों के संचयन से भी मृदा अम्लीय हो जाती है।

उदासीन अथवा हल्की अम्लीय भूमि पौधों की वृद्धि के लिए सर्वाधिक उपयुक्त होती है। कुछ फसलें (जैसे - धान, राई, मक्का, कपास आदि) अम्लीय भूमि में अच्छी

वृद्धि करते हैं जबकि अधिकतर लिग्नूमिनोसी कुल के पौधों की वृद्धि पर अम्लीय मृदा का प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। अम्लता नाइट्रीकारक तथा नाइट्रोजन यौगिकीकारी जीवाणुओं की सक्रियता का प्रतिरोध करती है। अम्लीयता केचुओं के लिए भी हानिकारक है। अम्लीय मृदा में ह्यूमस का सामान्य अपघटन रुक जाता है। ऐसी मृदा में कार्बन डाई आक्साइड तथा अन्य विषैले (toxic) पदार्थ संचित हो जाते हैं। अम्लता के कारण फॉस्फेट जैसे लवणों और मैग्नीशियम, कैल्शियम, सोह तथा मैंगनीज जैसे खनिजों की विलेयता पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है और इनकी सुलभता (Availability) कम हो जाती है। इससे भूमि का भूरभूत गठन नष्ट हो जाता है जिससे भूमि के वातन एवं जलाशय में भी कमी आ जाती है।

ऐसी अम्लीय मृदा, जिसमें वनस्पति नहीं उगती अथवा खेती नहीं की जा सकती, का सुधार करना अत्यन्त आवश्यक है। अम्लीय भूमि में चूना मिलाकर उसकी अम्लता कम की जाती है। इसके लिए चूना पत्थर (कैल्शियम कार्बोनेट) अथवा गुंसे हुए चूने का उपयोग किया जाता है। कुछ रासायनिक खादों (कैल्शियम नाइट्रेट, बेसिक स्लेग तथा कैल्शियम साइनामाइड) के उपयोग से भूमि में चूना शोष रह जाता है और भूमि की अम्लता कम हो जाती है।

अम्लीय मृदा में पायी जाने वाली वनस्पति को सारणी के रूप में नीचे दर्शाया गया है -

सारणी : अम्लीय मृदा में उगने वाली वनस्पति

अम्लीयता (Acidity)	pH	वनस्पति (Vegetation)
अत्यधिक अम्लीय	3.7 से कम	लाइकेन एवं छोटी झाड़ियाँ
अधिक अम्लीय	3.7 से 4.5	कालाभूस, हेमलॉक, बीर्च आदि
अम्लीय	4.5 से 5.5	शकुपारी वृक्ष, ऊँची पर्णपाती वन
मामूली अम्लीय	5.5 से 6.9	पर्णपाती वन
उदासीन अथवा क्षारीय	7.0 से 8.0	घास के मैदान

(ब) सबणीय तथा क्षारीय मृदा - ऐसी मृदा जिसके विलयन का pH 7 से अधिक हो, क्षारीय मृदा कहलाती है। शुष्क, भरस्यलीय, कम वर्षा वाले प्रदेशों में जहाँ जल निकासी (Drainage) ठीक न हो तथा उच्च ताप के कारण वाष्पीकरण तीव्रता से होता हो वहाँ विलेय लवण आसानी से मृदा की ऊपरी सतह पर एकत्रित हो जाते हैं। समुद्र के तटों अथवा खारे जल की झीलों के किनारे वाले क्षेत्रों में भी जल वाष्पन के पश्चात् लवण संचित हो जाते हैं। ऐसी मृदा जिसमें लवणों का सान्द्रण अधिक होता है उसे क्षारीय मृदा (Alkaline soil) कहते हैं।

क्षारीय मृदा में उपस्थित सोडियम एवं पोटशियम के बाईकार्बोनेट लवण अपने क्षारीय गुणों के कारण ही मिट्टी की अभिक्रिया (Reaction) को क्षारीय बना देते हैं। इन

लवणों में उपस्थित कार्बोनिनिक पदार्थ मृदा जल में मिलकर एक विलयन बनाते हैं। यह विलयन भूमि में फैल (Disperse) जाता है। इसके फलस्वरूप मिट्टी का रंग गहरा भूरा या काला हो जाता है। ऐसी भूमि को काली क्षारीय मृदा (Black alkaline soil) कहते हैं।

क्षारीय मृदा में यदि सोडियम, पोटेशियम तथा मैग्नीशियम के क्लोराइड, सल्फेट तथा नाइट्रेट लवण उपस्थित हों तो मिट्टी की अभिक्रिया उदासीन होती है। इस प्रकार के लवणों की अधिक मात्रा भूमि को लवणीय बना देती है। ऐसी भूमि को लवणीय मृदा (Saline soil) कहते हैं। अनेकों बार ऐसे लवण मृदा जल में घुलकर भूमि के ऊपरी सतह पर श्वेत परतें बना देते हैं ऐसी मृदा को श्वेत क्षारीय मृदा (White alkaline soil) कहते हैं।

अनेक स्थानों पर मृदा के नीचेले सतहों में लवणों का संचयन (Accumulation) पाया जाता है। ऐसी भूमि को जब सींचित किया जाता है तो केशिका जल के साथ घुलनशील लवण ऊपरी परतों में आ जाते हैं। जब जल का वाष्पीकरण होता है तो भूमि पर लवणों का अधिक सान्द्रण रह जाता है और घरातल पर क्षार मृदाओं के छगड़ (Patches) प्राप्त होते हैं। पंजाब, उत्तर प्रदेश एवं राजस्थान में इस प्रकार के लवणीय भूमि सामान्यतया देखने को मिलती है।

लवणीय एवं क्षारीय मृदा में वनस्पति की वृद्धि नहीं हो पाती। लवणों की अधिक मात्रा के कारण पौधे जल का अवशोषण नहीं कर सकते। अधिक लवण सान्द्र घोल बाह्य परासरण प्रेरित कर कोशिका जल को बाहर निवान देता है इससे पौधे मुरझा जाते हैं। इसलिए क्षारीय एवं लवणीय मृदा को क्रियात्मक दृष्टि में शुष्क मृदा माना जाता है। तीव्र क्षारीय भूमि में क्षारीय अभिक्रिया के फलस्वरूप जस्ता, ताँबा एवं मैग्नीशियम जैसे खनिजों का अवक्षेपण (Precipitation) हो जाता है जिससे ये पौधे के लिए अप्राप्य हो जाता है। इसके कारण मृदा में पोषक तत्वों का अभाव हो जाता है और उनसे वनस्पति को पनपाने की योग्यता समाप्त हो जाती है।

कुछ पादप जैसे स्वेडा फ्रूटीकोसा (*Suaeda frutescens*), सैल्सोला फ्लेइटीडा (*Salsola vermiculata*) तथा सैलिर्कोर्निया (*Sarcocornia*) आदि लवणीय भूमि में उगने वाले पादप हैं। इन्हें लवण मृदोद्भिद (Halophytes) कहते हैं।

लवणों के संचयन में मिट्टी अनउत्पजाऊ (Unproductive) हो जाती है और कृषि योग्य नहीं रहती ऐसी भूमि को उपचांगित कर पुनः उद्धार (Reclaim) किया जाता है। इसके लिए निम्न तीन विधियाँ अपनायी जाती हैं।

(i) यान्त्रिक विधियाँ (Mechanical Methods) — जमीन जल सस्तर (Water table) को 5 या 6 फीट नीचा करने के लिए भूमि में ढाल के समकोण (Right angle) गहरी खाइयों का जाल खोद जाता है। इसके बाद भूमि को अच्छे पानी से सींचा जाता है। इससे भूमि में लवणों की मात्रा निष्कासन द्वारा भूमि के मूल प्रदेश (Root zone) से नीचे चली जाती है। समस्त क्षतिकारक लवणों को भूमि से निष्कासन के लिए दो या तीन निष्कासन क्रियाएँ पर्याप्त होती हैं। भूमि में लवणों के निष्कासन करने के बाद भी प्रारम्भ

में तब सह (Salt tolerant) फसले (धान जैसे गन्ना आदि) उगाई जाता है। ऐसी मृदा जिस पर क्षार पन्ना के रूप में जम जाता है वहाँ से पन्ना को छुड़ कर हटाया जाता है और पन्ना का तेजधार से क्षार के टुकड़ों को बहा दिया जाता है।

(ii) रासायनिक विधियाँ (Chemical Methods) — इस विधि में क्षारीय भूमि में जिप्सम (केल्सियम सल्फेट) मिलाया जाता है। जिप्सम सोडियम तथा पोटेशियम के कार्बोनेटों से अभिक्रिया कर केल्सियम कार्बोनेट (अविलेय) और सोडियम व पोटेशियम सल्फेट बनाता है। केल्सियम कार्बोनेट को समाप्त करने के लिए गोबर एवं पत्ती का खाद (Farm manure) मिलाया जाता है। विलयशील सल्फेटों को निकालने के लिए अच्छी सिंचाई की जाती है। क्षारता के प्रभाव को कम करने के लिए गंधक चूना भी मिलाया जाता है।

(iii) सबका सह पीछों की खेती — तब सह पीछों की खेती से भी भू-सुधार किया जा सकता है। इसके लिए चकुन्दर, धान रज्जका पटसन जंगली नील व बबूल आदि बोये जाने हैं।

(द) जैविक कारक

(Biotic Factors)

जैसा कि मिथुने अध्याय में लिखा जा चुका है कि पेड़-पौधे और जीव जन्तु एक दूसरे पर निर्भर रहते हुए एक दूसरे को प्रत्यक्ष अथवा अप्रत्यक्ष रूप से प्रभावित करते हैं। कोई भी जड़ अपने आप में अकेला नहीं रह सकता। जड़ों द्वारा (पौधे जीव-जन्तु और मनुष्य) दूसरे जीवों को होने वाले प्रभाव को जैविक कारक कहते हैं। उदाहरण के लिए प्रकाश सश्लेषण क्रिया में पौधों द्वारा उपयोग में ली जाने वाली कार्बनडाइऑक्साइड प्राणियों द्वारा श्वसन क्रिया के फलस्वरूप प्रदान की जाती है। उच्च पदम मिट्टी से जो नाइट्रोजन ग्रहण करते हैं उसका स्थिरीकरण बक्यटेरिया या नील-हरित शैवाल द्वारा किया जाता है। एक ही स्थान पर उगने वाले पौधे जल वायु एवं प्रकाश के लिए एक दूसरे से प्रतिस्पर्धा करते हैं। सहजीविता परजीविता (Parasitism) अधिवास (Epiphytes) कठलताएँ (Lianas) पोषण हेतु जीवों पर निर्भरता परगण इत्यादि अनेक प्रकार हैं जो जीवों के परस्पर निर्भरता एवं सम्बन्धों को दर्शाते हैं। हम इनमें से कुछ सम्बन्धों का वर्णन करेंगे।

जैडम (1971) ने जीवों के पारस्परिक सम्बन्धों को घनात्मक एवं कृतात्मक दृष्टि से प्रस्तुत किया।

(अ) घनात्मक सम्बन्ध --

जीवों के ऐसे अनेक सम्बन्ध जो एक दूसरे को लाभ पहुँचाते हैं घनात्मक सम्बन्ध कहलाते हैं। इस प्रकार के सम्बन्धों को पुन विभजित किया जा सकता है --

1 सहजीविता (Commensalism) — जब दो भिन्न जन्तुओं के जीवों में से एक जन्तु के जीव को लाभ मिलता हो और दोनों में से किसी को भी हानि न हो तो सहजीविता सम्बन्ध कहलाते हैं। ऐसे सम्बन्धों के कुछ उदाहरण निम्नलिखित हैं --

(i) अधिपादप (Epiphytes) — ये स्वयं पोषी पादप दूसरे वृक्षों की शाखाओं या तने पर उत्पन्न होते हैं। ये वायुमण्डल से वायु, प्रकाश व आर्द्रता ग्रहण करते हैं। इनकी जड़े आर्द्रताग्राही होती हैं और ये पौधे नम जलवायु में पाये जाते हैं। उदाहरण आर्किड इत्यादि।

(ii) कटलाएं (Lianas) — ये काष्ठीय प्रतान (Woody Climbers) हैं जो स्वयं पोषी होते हैं। इनकी जड़े भूमि में पायी जाती हैं लेकिन इनका काष्ठीय कमजोर स्तम्भ वृक्षों के स्तम्भों की सहायता से ऊपर बढ़कर पत्तियों एवं अन्य भागों (पुष्प, फल आदि) को पूर्ण वायु एवं अधिक प्रकाश वाले क्षेत्र में पहुँचा देते हैं। उदाहरण टिनोस्परा बाहुनिया आदि।

सहभोजिता के उदाहरण में हम उन सभी पशु पक्षियों (गिलहरी, बन्दर, सर्प, विडियाँ) को सम्मिलित कर सकते हैं जो वृक्षों को बिना हानि पहुँचाए केवल आश्रय हेतु उनका उपयोग करते हैं।

अनेक सूक्ष्म जीव (जैसे जीवाणु, कवक तथा प्रोटोजोआ) प्राणियों व पादपों के ऊतकों में अधिपादप के रूप में रहते हैं। लेकिन उन्हें कोई हानि नहीं पहुँचाते हैं। उदाहरण — ऐश्चेरिचिया कोलाई नामक जीवाणु मानव आत में तथा ट्रीपोनिया मेक्रोडेंटियम नामक जीवाणु मुँह में निवास करते हैं लेकिन ये मनुष्य को कोई भी हानि नहीं पहुँचाते।

सहभोजिता को हम पुन दो भागों में विभाजित कर सकते हैं —

(क) बाह्य सहभोजिता (Ecto-commensalism) — इसमें एक जीव दूसरे जीव से स्थिरता व सुरक्षा के लिए सम्बन्ध बनाये रखते हैं।

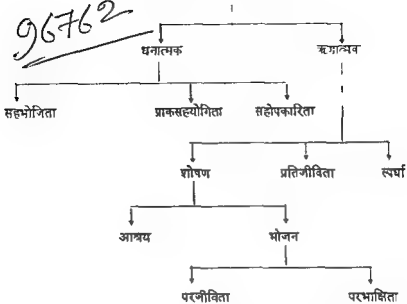
(ख) अन्तः सहभोजिता (Endo-commensalism) — इसमें एक जाति के जीव दूसरी जाति के जीव के शरीर के अन्दर निवास करते हैं।

2 प्राक्सहयोगिता (Proto Cooperation) — इस प्रकार के सम्बन्धों में दोनों ही जाति के जीवों को एक दूसरे से लाभ प्राप्त होता है, लेकिन जीवित रहने हेतु यह सम्बन्ध बने रहना आवश्यक नहीं है। प्राक्सहयोगिता का एक उदाहरण समुद्री एनीमोन तथा हर्मिट क्रेब का है। समुद्री एनीमोन हर्मिट के खोल पर बिपक जाता है। क्रेब एक स्थान से दूसरे स्थान पर जाते समय अपनी खोल पर उपस्थित समुद्री एनीमोन को भी ले जाता है। समुद्री एनीमोन अपनी दश कोशिकाओं द्वारा क्रेब को बाहरी हमले से सुरक्षा प्रदान करता है। क्रेब के भोजन में से कुछ भोजन समुद्री एनीमोन को भी प्राप्त हो जाता है।

3 सहोपकारिता (Mutualism) — जब भिन्न प्रकार की जातियों में परस्पर सम्बन्ध एक दूसरे को लाभ पहुँचाते हैं तथा उन जीवों के जीवित रहने के लिए ऐसे सम्बन्ध आवश्यक हो तो इसे सहोपकारिता कहते हैं। इन सम्बन्धों को अवैकल्पिक सहजीवन सम्बन्ध (Obligatory symbiosis) भी कहते हैं। सहोपकारिता के कुछ उदाहरण नीचे दिये जा रहे हैं।

अनेक कीट, मधुमक्खियों, पक्षी आदि पुष्पों में उपस्थित मकरन्द ग्रंथियों से भोजन प्राप्त करते हैं। ये कीट अपने साथ परागकणों को एक पुष्प से दूसरे पुष्प तक ले जाकर

जीवों के पारस्परिक सम्बन्ध



है। कभी-कभी परजीवी का प्रभाव अधिक होने पर परपोषी की मृत्यु तक हो जाती है। ऐसे परजीवी जो परपोषी के शरीर के बाहरी अंगों पर निवास करते हैं, उन्हें बाह्य परजीवी (Ectoparasite) कहा जाता है। ऐसे परजीवी जो परपोषी के ऊतकों में निवास करते हैं उन्हें अन्तः परजीवी कहते हैं।

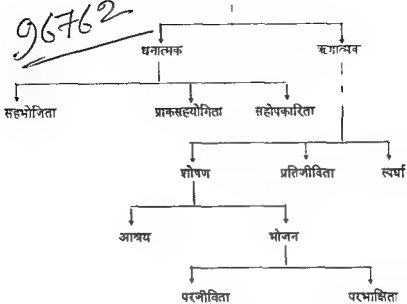
कुछ परजीवी विशेष प्रकार के परपोषी पर ही अपना जीवन यापन करते हैं। इस प्रकार के परजीवी अविकल्पी (Obligate) कहलाते हैं। ये अविकल्पी परजीवी परपोषी को रोगित कर देते हैं जीवाणु, विषाणु तथा कवक द्वारा फैलने वाली बीमारियाँ परजीवी के उदाहरण हैं।

कवक तथा सूक्ष्म जीवों के अतिरिक्त कुछ पुष्पीय पादप भी परजीवी के रूप में रहते हैं। ओरोवेन्की, रेफ्लेसिया, अमरबेल आदि इसके उदाहरण हैं।

(ख) परभक्षिता (Predatism) — ऐसी जातियाँ जो अपने भोजन की आवश्यकता की पूर्ति के लिए अन्य जाति के जीवों को पकड़कर अथवा मारकर खा जाती हैं, उन्हें परभक्षी जाति कहते हैं। साधारणतया परभक्षी जन्तु ही होते हैं। वैसे तो मनुष्य भी एक प्रकार का परभक्षी ही है। कुछ परभक्षी पादप भी पाये जाते हैं जैसे — युट्रिकुलेरिया, घटपादप, वेनस फ्लाई ट्रैप, डायोनिया आदि।

2. प्रतिजीविता (Antibiosis) — कुछ जीव अपनी सामान्य वृद्धि के दौरान कुछ ऐसे रासायनों को स्रावित करते हैं कि ये रासायन अन्य जीवों की वृद्धि पर प्रतिकूल असर डालते हैं। कभी-कभी इन रासायनों की उपस्थिति के कारण न केवल दूसरे जीव की वृद्धि

जीवों के पारस्परिक सम्बन्ध



है। कभी-कभी परजीवी का प्रभाव अधिक होने पर परपोषी की मृत्यु तक हो जाती है। ऐसे परजीवी जो परपोषी के शरीर के बाहरी अंगों पर निवास करते हैं, उन्हें बाह्य परजीवी (Ectoparasite) कहा जाता है। ऐसे परजीवी जो परपोषी के ऊतकों में निवास करते हैं उन्हें अन्तः परजीवी कहते हैं।

कुछ परजीवी विशेष प्रकार के परपोषी पर ही अपना जीवन यापन करते हैं। इस प्रकार के परजीवी अविकल्पी (Obligate) कहलाते हैं। ये अविकल्पी परजीवी परपोषी को रोगित कर देते हैं जीवाणु, विषाणु तथा कवक द्वारा फैलने वाली बीमारियाँ परजीवी के उदाहरण हैं।

कवक तथा सूक्ष्म जीवों के अतिरिक्त कुछ पुष्पीय पादप भी परजीवी के रूप में रहते हैं। ओरोवेन्की, रेफ्लेसिया, अमरबेल आदि इसके उदाहरण हैं।

(ख) परभक्षिता (Predatism) — ऐसी जातियाँ जो अपने भोजन की आवश्यकता की पूर्ति के लिए अन्य जाति के जीवों को पकड़कर अथवा मारकर खा जाती हैं, उन्हें परभक्षी जाति कहते हैं। साधारणतया परभक्षी जन्तु ही होते हैं। वैसे तो मनुष्य भी एक प्रकार का परभक्षी ही है। कुछ परभक्षी पादप भी पाये जाते हैं जैसे — युट्रिकुलेरिया, घटपादप, वेनस फ्लाई ट्रैप, डायोनिया आदि।

2. प्रतिजीविता (Antibiosis) — कुछ जीव अपनी सामान्य वृद्धि के दौरान कुछ ऐसे रसायनों को स्रावित करते हैं कि ये रसायन अन्य जीवों की वृद्धि पर प्रतिकूल असर डालते हैं। कभी-कभी इन रसायनों की उपस्थिति के कारण न केवल दूसरे जीव की वृद्धि

2. स्तरण (Stratification) — विभिन्न जातियों के पौधों में उनकी मांगें समान न होने के कारण परस्पर स्पर्धा इतनी अधिक नहीं होती है। शीघ्र वर्धक ऊँची जातियों के पौधे अपेक्षाकृत छोटी जाति के पौधों से जल्दी ऊँचे बढ़ जाते हैं। इनकी छाया में अपेक्षाकृत कम प्रकाश की आवश्यकता वाले पौधे आसानी से उग जाते हैं। इस प्रकार वनस्पति में स्तरण उत्पन्न हो जाता है। भिन्न-भिन्न ऊँचाई वाले पौधे इस प्रकार एक ही स्थान पर उत्पन्न हो जाते हैं। निम्न स्तरों के पौधों में ऊँची जातियों द्वारा प्रदत्त आर्द्रता व छाया के लिए अनुकूलन पाया जाता है। अतः प्रकृति में विभिन्न अनुकूलन के पादप एक दूसरे के सहयोग से भिन्न-भिन्न स्तर पर आसानी से रहते हैं।

3. परनिर्भरता (Dependencies) — पादप समुदाय के कुछ पौधों की उत्तरजीविता (Survival) दूसरों पर निर्भर करती है। उदाहरण के लिए घने वृक्षों की छाया में ब्रायोफाइट्स या फर्न उगते हैं। यदि उन वृक्षों को काट दिया जाए तो उनकी छाया में उगने वाले निम्न पादप भी मर जायेंगे। उष्ण कटिबन्धीय तथा उषोष्ण कटिबन्धीय वनों में उगने वाले अधिपादपों की भी यही स्थिति होगी। वन मृदा में परजीवी तथा मृतजीवी दोनों प्रकार की कवक प्रचुर मात्रा में पायी जाती है। कुछ कवक सवहनी पौधों की जड़ों से सम्बन्ध स्थापित कर उसकी अवशोषण क्षमता को बढ़ाती है। अतः माइकोराइजा कवक एवं विशाल वृक्ष एक दूसरे पर निर्भर (Dependent) रहते हैं।

पादप समुदाय का विकास (Evolution of Plant Communities)

किसी स्थान को यदि वनस्पति विहीन कर दिया जाए और उसे मानव तथा मानव द्वारा पाले जाने वाले पशुओं की क्रियाओं से विलग कर दिया जाए तो शनैः शनैः लेकिन एक निश्चित क्रम में उस स्थान पर वनस्पति उगनी प्रारम्भ होगी। एक लम्बे समय पश्चात् एक स्थिति ऐसी जायेगी जब वहाँ पर स्थायी समुदाय (Stable community) अपना रूप्य जमा लेगा। किसी नग्न स्थान पर शनैः शनैः पादप समुदाय के जमाव को पादप अनुक्रमण (Plant succession) कहते हैं।

अनुक्रमण के कारण —

समुदायों में होने वाले अनुक्रमण सामान्य रूप से जलवायवी, भू-आकृतिक अथवा जैविक कारणों से हो सकते हैं। जलवायवीय कारणों में सूखा एवं अकाल, अतिवृष्टि, आँधी, हिमपात, पाला पड़ना आदि सम्मिलित हैं। मृदा अपरदन अथवा मृदा का जमाव आदि भू-आकृतिक कारण हैं जिनके कारण नग्न क्षेत्र बन जाते हैं। मानव द्वारा वनों की सफाई व कटाई अथवा पशुओं द्वारा चराई के कारण भी किसी भी स्थान की वनस्पति समूल नष्ट हो जाती है और वहाँ पर अनुक्रमण की स्थिति बन जाती है।

अनुक्रमण के प्रकार —

(अ) प्राथमिक अनुक्रमण (Primary succession) — वनस्पति रहित स्थलों पर होने वाला अनुक्रमण प्राथमिक अनुक्रमण कहलाता है। नग्न चट्टानों, रेतीले टीलों, ज्वालानुखी से निकली राख वाले क्षेत्रों को इसी श्रेणी में रखा जाता है।

(ब) द्वितीयक अनुक्रमण (Secondary succession) — ऐसे क्षेत्र जहाँ पूर्व में वनस्पति उपस्थित थी लेकिन किसी कारणों से वहाँ की वनस्पति नष्ट हो गई हो तथा नई



चित्र 2.12 मृदा परिच्छेदिका

जीवाश्म ईंधन के जलने तथा अन्य औद्योगिक क्रियाओं के कारण पूर्वी यूरोप के देशों के अच्छे वन अस्सीय वर्षों के कारण नष्ट हो गये हैं। मानव ने बड़े बाँधों, सड़क निर्माण, रेल मार्गों का विस्तार भी किया है जिससे प्राकृतिक वनस्पति का ह्रास हुआ है। ह्रास होने की यह क्रिया उत्तरोत्तर तेज होती जा रही है। इससे जल, वायु, मिट्टी प्रदूषित हुई है और वन्य जीवों पर प्रतिकूल असर पड़ा है। किसी भी स्थान की जैव विविधता (Bio diversity) भी इन सबसे प्रभावित हुई है।

मनुष्य द्वारा अनजाने लगी आग से वन अशत अथवा पूर्णतः नष्ट हो जाते हैं। इसके परिणामस्वरूप वनस्पति के स्वरूप ने अस्थायी अथवा स्थायी परिवर्तन आ जाते हैं। उसी जड़ों वाले पादों का तो पूर्णतः विनाश हो जाता है। गहरी जड़ों वाले तथा भूमिगत स्तम्भ वाले पौधे आग द्वारा अस्थायी रूप से प्रभावित होते हैं। कुछ पौधे आग शान्त हो जाने पर पहली वर्षा के पश्चात् पुनः फूट निकलते हैं। ऐसी वनस्पति उस स्थान की मुख्य वनस्पति बन जाती है। असन के कुछ आदिवासी भूमि को कृषि योग्य बनाने के लिए वनों को आग लगा देते हैं। इसे झुमिंग खेती (Jhuming cultivation) कहा जाता है। इस कारण भी प्राकृतिक जैव सम्पदा नष्ट होती जा रही है। हमें इसे बचाने का प्रयास करना चाहिये।

(4) स्थायित्व और चरम वनस्पति — उररोक्त वर्णित प्रक्रमों, पास्परिक क्रियाओं के फलस्वरूप धीरे-धीरे पादप सनुदाय का एक निश्चित क्रम में और निश्चित दिशा में लेकिन धीरे-धीरे विकास होने लगता है। पारस्परिक क्रियाओं के कारण वहाँ के पारिस्थितिक कारकों में परिवर्तन होता है और अन्त में वातावरण स्थायी हो जाता है क्योंकि इसमें अनिश्चित काल तक परिवर्तन नहीं हो सकते। इस अवस्था में वनस्पति जीवन का अन्तिम प्राश्य — शाकीय, क्षुपीय या वृक्षीय — जलवायु द्वारा निर्धारित होता है। वनस्पति का अन्तिम प्राश्य लगभग स्थायी तथा जलवायु के साम्य होता है। यह प्राश्य आवास की विशिष्ट जलवायु के अनुसार उच्चतम होता है तथा इसे चरम वनस्पति (Climax vegetation) कहते हैं। किसी चरम सनुदाय की प्रमुख जातियाँ वातावरण के लगभग पूर्णतः अनुकूल होती हैं। इससे सनुदाय स्थायी हो जाता है और उसमें तब तक परिवर्तन नहीं आते जब तक उसे कोई बाह्य कारक प्रभावित न करे। इसके अतिरिक्त प्रकाश, स्थान, आर्द्रता, पोषक तत्वों का चक्रीकरण इत्यादि सभी पर्यावरणीय कारक पूर्णतः पादप सनुदाय के नियन्त्रण में होते हैं। इसके कारण नई जातियों के प्रवेश की संभावना बहुत कम रह जाती है।

अनुक्रमण के प्रकार (Types of Succession) —

किसी भी नग्न (वनस्पति विहीन स्थान) स्थान पर आकर सर्वप्रथम बसने वाली जातियों या पादप सनुदाय को परोगामी (Pioneer) जातियाँ या सनुदाय कहते हैं। अनुक्रमण की विभिन्न अवस्थाओं से धीरे-धीरे गति करता हुआ पादप सनुदाय अपने चरम बिन्दु पर पहुँचता है उसे चरम सनुदाय (Climax communities) कहते हैं। पादप अनुक्रमण के प्रारम्भ से लेकर अन्त के चरम सनुदाय के मध्य में आने वाली अवस्थाओं को क्रमकी सनुदाय (Seral communities) अथवा क्रमकी अवस्था (Seral stage) कहते हैं तथा अनुक्रमण की समस्त क्रमकी अवस्थाओं के लिए सम्मिलित शब्द क्रमक (Sere) का प्रयोग किया जाता है।

इसीलिए जलीय आवासों में होने वाले अनुक्रमण को जलारम्भी (Hydrach) तथा इसके विकास की विभिन्न अवस्थाओं को जलक्रमक (Hydrosera) कहते हैं। शुष्क आवासों में होने वाले अनुक्रमण को शुष्कारम्भी (Xerarch) तथा अनुक्रमण के विभिन्न चरणों को समुक्त रूप से मरुक्रमक (Xerosera) कहते हैं।

इसी क्रम में नग्न चट्टानों पर अनुक्रमण को शैल क्रमक (Lithosera), लवणीय जल भूमि पर होने वाले अनुक्रमण को लवण क्रमक (Halosera), रेतीले टीलों पर होने वाले अनुक्रमण को बालुकीय क्रमक (Psammosera) कहते हैं।

इस अध्याय में हम एक शैल चट्टान पर होने वाले शुष्क अनुक्रमण तथा एक जलीय आवास में होने वाले अनुक्रमण का अध्ययन करेंगे।

मरुक्रमक (Xerosera)

एक प्रास्थिक मरुक्रमक के अध्ययन हेतु हम नग्न चट्टानों पर होने वाले अनुक्रमण का अध्ययन करेंगे। एक नग्न शैल चट्टान पर होने वाले अनुक्रमण में निम्न चरण होते हैं।

2. स्तरण (Stratification) — विभिन्न जातियों के पौधों में उनकी मांगें समान न होने के कारण परस्पर स्पर्धा इतनी अधिक नहीं होती है। शीघ्र वर्धक ऊँची जातियों के पौधे अपेक्षाकृत छोटी जाति के पौधों से जल्दी ऊँचे बढ़ जाते हैं। इनकी छाया में अपेक्षाकृत कम प्रकाश की आवश्यकता वाले पौधे आसानी से उग जाते हैं। इस प्रकार वनस्पति में स्तरण उत्पन्न हो जाता है। भिन्न-भिन्न ऊँचाई वाले पौधे इस प्रकार एक ही स्थान पर उत्पन्न हो जाते हैं। निम्न स्तरों के पौधों में ऊँची जातियों द्वारा प्रदत्त आर्द्रता व छाया के लिए अनुकूलन पाया जाता है। अतः प्रकृति में विभिन्न अनुकूलन के पादप एक दूसरे के सहयोग से भिन्न-भिन्न स्तर पर आसानी से रहते हैं।

3. परनिर्भरता (Dependencies) — पादप समुदाय के कुछ पौधों की उत्तरजीविता (Survival) दूसरों पर निर्भर करती है। उदाहरण के लिए घने वृक्षों की छाया में ब्रायोफाइट्स या फर्न उगते हैं। यदि उन वृक्षों को काट दिया जाए तो उनकी छाया में उगने वाले निम्न पादप भी मर जायेंगे। उष्ण कटिबन्धीय तथा उषोष्ण कटिबन्धीय वनों में उगने वाले अधिपादपों की भी यही स्थिति होगी। वन मृदा में परजीवी तथा मृतजीवी दोनों प्रकार की कवक प्रचुर मात्रा में पायी जाती है। कुछ कवक सवहनी पौधों की जड़ों से सम्बन्ध स्थापित कर उसकी अवशोषण क्षमता को बढ़ाती है। अतः माइकोराइजा कवक एवं विशाल वृक्ष एक दूसरे पर निर्भर (Dependent) रहते हैं।

पादप समुदाय का विकास (Evolution of Plant Communities)

किसी स्थान को यदि वनस्पति विहीन कर दिया जाए और उसे मानव तथा मानव द्वारा पाले जाने वाले पशुओं की क्रियाओं से विलय कर दिया जाए तो शनैः शनैः लेकिन एक निश्चित क्रम में उस स्थान पर वनस्पति उगनी प्रारम्भ होगी। एक लम्बे समय पश्चात् एक स्थिति ऐसी जायेगी जब वहाँ पर स्थायी समुदाय (Stable community) अपना रूप्य जमा लेगा। किसी नग्न स्थान पर शनैः शनैः पादप समुदाय के जमाव को पादप अनुक्रमण (Plant succession) कहते हैं।

अनुक्रमण के कारण —

समुदायों में होने वाले अनुक्रमण सामान्य रूप से जलवायवी, भू-आकृतिक अथवा जैविक कारणों से हो सकते हैं। जलवायवीय कारणों में सूखा एवं अकाल, अतिवृष्टि, आँधी, हिमपात, पाला पड़ना आदि सम्मिलित हैं। मृदा अपरदन अथवा मृदा का जमाव आदि भू-आकृतिक कारण हैं जिनके कारण नग्न क्षेत्र बन जाते हैं। मानव द्वारा वनों की सफाई व कटाई अथवा पशुओं द्वारा चराई के कारण भी किसी भी स्थान की वनस्पति समूल नष्ट हो जाती है और वहाँ पर अनुक्रमण की स्थिति बन जाती है।

अनुक्रमण के प्रकार —

(अ) प्राथमिक अनुक्रमण (Primary succession) — वनस्पति रहित स्थलों पर होने वाला अनुक्रमण प्राथमिक अनुक्रमण कहलाता है। नग्न चट्टानों, रेतीले टीलों, ज्वालानुखी से निकली राख वाले क्षेत्रों को इसी श्रेणी में रखा जाता है।

(ब) द्वितीयक अनुक्रमण (Secondary succession) — ऐसे क्षेत्र जहाँ पूर्व में वनस्पति उपस्थित थी लेकिन किसी कारणों से वहाँ की वनस्पति नष्ट हो गई हो तथा नई

प्रकार की वनस्पति पुनः स्थापित होने की प्रक्रिया प्रारम्भ हो तो उसे द्वितीयक अनुक्रमण कहते हैं। बाढ़, अग्नि अथवा कटाई से नष्ट वनस्पति क्षेत्रों को इस श्रेणी में रखा जाता है।

अनुक्रमण की समान्य क्रिया (General Process of Succession)

किसी भी स्थल पर होने वाले अनुक्रमण प्रक्रिया में निम्नालिखित अवस्थाएँ पायी जाती हैं -

(1) अनाच्छादन (Nudation) - प्राकृतिक या मानवीय क्रियाओं के फलस्वरूप किसी भी स्थान का वनस्पति रहित या नग्न होना अनाच्छादन कहलाता है। अनाच्छादन के पश्चात् ही वास्तविक अनुक्रमण की क्रियाएँ प्रारम्भ होती हैं।

(2) आक्रमण (Invasion) - अनाच्छादित क्षेत्रों में आस-पास के क्षेत्रों से बीज, बीजाणु अथवा अन्य पादप जनन श्रम भाग आकर बसने लगते हैं। सर्वप्रथम आकर बसने वाले पादप को पुरोगामी (Pioneer) कहते हैं। आक्रमण में निम्न पद सम्मिलित हैं -

(अ) प्रवास (Migration) - पादप समुदाय का उद्भव उस समय शुरू होता है जब पौधों के प्रवर्धक अंग (जेम्बूल), उदाहरण - बीज, बीजाणु आदि अनावृत क्षेत्र पर आक्रमण करते हैं। ये जेम्बूल अन्य पुराने पादप समुदाय से वायु जल या जन्तुओं के माध्यम से प्रवास करते हैं। प्रतिकूल परिस्थितियों के कारण इनमें से अधिकांश नष्ट हो जाते हैं। जिनके लिए परिस्थितियाँ अनुकूल होती हैं, वे नये क्षेत्र में अंकुरित हो वहाँ प्रवास करने लगते हैं।

(ब) आस्थापन (Ecesis) - प्रवास के पश्चात् प्रवासी जातियों के नए क्षेत्र में स्थापन प्रक्रम को आस्थापन कहते हैं। एक जाति के पौधे जब तक अपना जीवन चक्र पूरा नहीं कर लेते वे अस्थापित नहीं कहे जा सकते। ये जातियाँ अब वहाँ पर उपनिवेशान् आरम्भ करती हैं।

(स) समूहन (Aggregation) - उपनिवेशान् के पश्चात् प्रवर्धन के कारण पुरोगामी जातियों का समूहन होने लगता है। इसके परिणामस्वरूप पोषकों, प्रकाश तथा स्थान के लिए स्पर्धा (Competition) प्रारम्भ हो जाती है। स्पर्धा के फलस्वरूप केवल सबसे पौधे ही जीवित रह पाते हैं।

(3) स्पर्धा एवं प्रतिक्रिया (Competition & Reaction) - पौधों में प्रकाश तथा स्थान के लिए अन्तरजातीय (Interspecific) तथा आन्तरजातीय (Intraspecific) स्पर्धा प्रारम्भ हो जाती है। सबल पौधे जीवित रह कर जगह लेने लगते हैं। पौधे आवास में पारस्परिक क्रिया करते हैं इससे पर्यावरण में परिवर्तन होता है। इस प्रक्रम को प्रतिक्रिया (Reaction) कहते हैं। पौधों के भागों के सड़ने गलने से अधिक ह्यूमस का संचय होने लगता है। पौधों की छाया के कारण कुछ सूक्ष्म जलवायवी (Micro climatic) परिवर्तन होने लगते हैं। परिवर्तित परिस्थितियाँ प्रारम्भिक पुरोगामियों के लिए कम अनुकूल तथा नए आक्रमकों के लिए अधिक अनुकूल बन जाती हैं। इस प्रकार पुरोगामी जातियों का स्थान नई जातियों ले लेती है। इस कारण शाकीय पौधों का स्थान क्षुद्र तथा क्षुद्रों का स्थान वृक्ष लेने लगते हैं।

(4) स्थायित्व और चरम वनस्पति — उररोक्त वर्णित प्रक्रमों, पास्परिक क्रियाओं के फलस्वरूप धीरे-धीरे पादप समुदाय का एक निश्चित क्रम में और निश्चित दिशा में लेकिन धीरे-धीरे विकास होने लगता है। पारस्परिक क्रियाओं के कारण वहाँ के पारिस्थितिक कारकों में परिवर्तन होता है और अन्त में वातावरण स्थायी हो जाता है क्योंकि इसमें अनिश्चित काल तक परिवर्तन नहीं हो सकते। इस अवस्था में वनस्पति जीवन का अन्तिम प्राश्य — शाकीय, क्षुपीय या वृक्षीय — जलवायु द्वारा निर्धारित होता है। वनस्पति का अन्तिम प्राश्य लगभग स्थायी तथा जलवायु के साम्य होता है। यह प्राश्य आवास की विशिष्ट जलवायु के अनुसार उच्चतम होता है तथा इसे चरम वनस्पति (Climax vegetation) कहते हैं। किसी चरम समुदाय की प्रमुख जातियाँ वातावरण के लगभग पूर्णतः अनुकूल होती हैं। इससे समुदाय स्थायी हो जाता है और उसमें तब तक परिवर्तन नहीं आते जब तक उसे कोई बाह्य कारक प्रभावित न करे। इसके अतिरिक्त प्रकाश, स्थान, आर्द्रता, पोषक तत्वों का चक्रीकरण इत्यादि सभी पर्यावरणीय कारक पूर्णतः पादप समुदाय के नियन्त्रण में होते हैं। इसके कारण नई जातियों के प्रवेश की संभावना बहुत कम रह जाती है।

अनुक्रमण के प्रकार (Types of Succession) —

किसी भी नग्न (वनस्पति विहीन स्थान) स्थान पर आकर सर्वप्रथम बसने वाली जातियों या पादप समुदाय को परोगामी (Pioneer) जातियाँ या समुदाय कहते हैं। अनुक्रमण की विभिन्न अवस्थाओं से धीरे-धीरे गति करता हुआ पादप समुदाय अपने चरम बिन्दु पर पहुँचता है उसे चरम समुदाय (Climax communities) कहते हैं। पादप अनुक्रमण के प्रारम्भ से लेकर अन्त के चरम समुदाय के मध्य में आने वाली अवस्थाओं को क्रमकी समुदाय (Seral communities) अथवा क्रमकी अवस्था (Seral stage) कहते हैं तथा अनुक्रमण की समस्त क्रमकी अवस्थाओं के लिए सम्मिलित शब्द क्रमक (Sere) का प्रयोग किया जाता है।

इसीलिए जलीय आवासों में होने वाले अनुक्रमण को जलारम्भी (Hydrach) तथा इसके विकास की विभिन्न अवस्थाओं को जलक्रमक (Hydrosera) कहते हैं। शुष्क आवासों में होने वाले अनुक्रमण को शुष्कारम्भी (Xerarch) तथा अनुक्रमण के विभिन्न चरणों को समुक्त रूप से मरुक्रमक (Xerosera) कहते हैं।

इसी क्रम में नग्न चट्टानों पर अनुक्रमण को शैल क्रमक (Lithosera), लवणीय जल भूमि पर होने वाले अनुक्रमण को लवण क्रमक (Halosera), रेतीले टीलों पर होने वाले अनुक्रमण को बालुकीय क्रमक (Psammosera) कहते हैं।

इस अध्याय में हम एक शैल चट्टान पर होने वाले शुष्क अनुक्रमण तथा एक जलीय आवास में होने वाले अनुक्रमण का अध्ययन करेंगे।

मरुक्रमक (Xerosera)

एक प्रास्थिक मरुक्रमक के अध्ययन हेतु हम नग्न चट्टानों पर होने वाले अनुक्रमण का अध्ययन करेंगे। एक नग्न शैल चट्टान पर होने वाले अनुक्रमण में निम्न चरण होते हैं।

(1) **पर्पटी लाइकेन अवस्था (Crustose lichen stage)** — शैल आवास पर जल एवं मृदा की मात्रा न होने से पोषक तत्व नहीं होते तथा पौधों के आवास हेतु परिस्थितियाँ प्रतिकूल होती हैं। यहाँ सूर्य की सीधी रोशनी, उच्च ताप, अधिक वायुवेग एवं रात्रि में ठण्डक पायी जाती है। ऐसी जगहों पर पुरोगामी पौधे पर्पटी (Crustose) लाइकेन होते हैं। ऐसी लाइकेन वर्षा के जल को स्पंज की तरह अवशोषित कर लेते हैं, इनकी वृद्धि अत्यन्त मन्द होती है और इनमें अत्यधिक शुष्कन को सहन करने की क्षमता पायी जाती है। ऐसे लाइकेन सर्वप्रथम लाइकेन खण्डों अथवा बीजाणुओं द्वारा प्रवास करते हैं। लाइकेन द्वारा स्रावित अम्ल धीरे धीरे शैलों को सक्षरण (Corrode) कर अपघटित करते हैं जिससे शैल की ऊपरी सतह खुरदरी हो जाती है। लाइकेन के कारण कुछ कार्बनिक पदार्थ भी बनने लगते हैं। पर्पटी लाइकेन के उदाहरण — ग्रेफ़िस, लिसीडिया लेकोनोरा आदि।

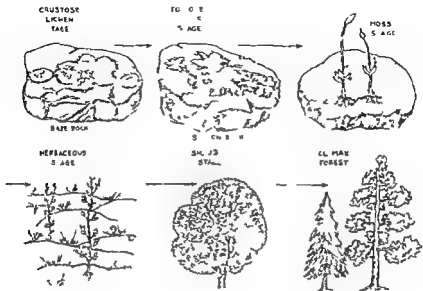
(2) **पर्णिल लाइकेन अवस्था (Foliose lichen stage)** — पर्पटी लाइकेनो द्वारा शैलों के खुरदरे बन जाने के कारण इन पर पर्णिल लाइकेन (उदाहरण — पारसेलिया, फ्राइसिया आदि) उगना प्रारम्भ होते हैं। इनके चौड़े बसस पर्पटी लाइकेनो पर छाया करते हैं और धीरे धीरे इनका स्थान ले लेते हैं। अन्त में पर्पटी लाइकेन मर जाते हैं और उनके क्षय के कुछ कार्बनिक पदार्थ बन जाता है। पर्णिल लाइकेनो के हृदय गिरद कुछ जल व ह्यूमस एकत्रित हो जाता है तथा स्रावित अम्ल से शैल कणिकाएँ बनती हैं। इनके मिश्रण से मृदा की एक अत्यन्त पतली परत का निर्माण हो जाता है।

(3) **मॉस अवस्था (Moss stage)** — शैल के तरेडों में पतली मृदा परत व ह्यूमस उत्पन्न होने से कुछ मॉस (उदाहरण — पॉलीट्राइकम, ग्रिभीआ) उत्पन्न होने लगते हैं। मॉस के मूलाभास लाइकेनो से स्पर्धा करते हैं तथा लाइकेन पर छाया डालते हैं। इनके साथ ही साथ कुछ क्षुपिल लाइकेन भी उत्पन्न होते हैं। असनिया एवं कलैडोनिया कुछ क्षुपिल लाइकेन के उदाहरण हैं। मॉस व क्षुपिल लाइकेन की उपस्थिति के कारण पर्णिल लाइकेन विलुप्त होने लगते हैं। इनकी मृत्यु एवं वर्षा ऋतु में पुनः बनने के कारण मृदा की परत बनने लगती है।

(4) **शाक अवस्था (Herbaceous stage)** — मॉसों के उगने के कारण मृदा की मात्रा बढ़ जाती है। मृदा की जल धारण क्षमता अधिक होने लगती है और शैल सतह पर मॉस की चटाई सी बन जाती है। मिट्टी की मात्रा बढ़ जाने से सर्व प्रथम एक वार्षिक तत्पश्चात् द्विवर्षीय तथा अन्त में बहुवर्षीय शाकीय पादप तथा कुछ मरुद्भिद घासे अपना स्थान ग्रहण करने लगती हैं। इस सभी पौधों की जड़े शैल सक्षरण की क्रिया को और अधिक तीव्रता प्रदान करती हैं। मिट्टी की मात्रा, पौधों की मृत्यु से ह्यूमस एवं जल धारण क्षमता उतरोत्तर बढ़ती रहती है तथा पौधों की छाया के कारण वाष्पन कम व आद्रता अधिक होने लगती है।

(5) **क्षुप अवस्था (Shrub stage)** — कुछ मिट्टी की परत बन जाने पर मरुद्भिदी क्षुप प्रकट होने लगते हैं। क्षुपों के अधिक उगने से शाकीय पादपों की संख्या घटने लगती है। क्षुपों की जड़े शैलों को और अधिक अपघटित करती हैं और शैल चट्टान पर पूर्णतया मृदा की मोटी परत बन जाती है। गिरे हुए पत्तों एवं टहनियों के कारण अधिक ह्यूमस

बनता है जिससे मृदा की ऊर्ध्व शक्ति बढ़ जाती है। अब परिस्थितियाँ वृक्षों के उगने के अनुकूल होने लगती हैं



चित्र 31 मरुक्रमक की विभिन्न अवस्थाएँ

(6) चरम वन (Climax Forest) — सर्वप्रथम मन्द वृद्धि वाले मरुभिदी काष्ठीय वृक्षों की जातियाँ प्रकट होती हैं। प्रारम्भ में वृक्ष अत्यन्त दूर-दूर होते हैं। इनकी वृद्धि के साथ ही साथ और अधिक मृदा एवं ह्युमस का निर्माण होता रहता है। धीरे धीरे भूमि में नमी और वायु की आर्द्रता बढ़ जाती है। अब अपेक्षाकृत ऊँचे व सघन वृक्ष उत्पन्न होने लगते हैं। इनका छाया में अब छाया प्रिय क्षुद्र एवं शाक पनपने लगते हैं तथा धीरे धीरे नम-भिन्ने वृक्षा की जातियाँ उग जाती हैं। इस वनस्थल का घनी छाया में आदर वायु तथा नम व उर्वर मृदा के अधिक अनुकूलित नये शाक व क्षुद्राव प्रकार के पेश-पेश उग जाते हैं।

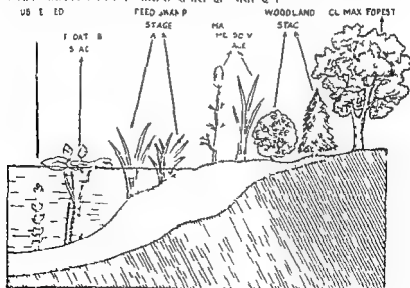
जलक्रमक (Hydrosere)

जल क्रमक का निम्न अवस्थाओं का सम्मिलन के लिए कोई झील या सरावर एक भादश स्थान हो सकता है जहाँ जल मध्य में लो गहरा होता है तथा किनारे की तरफ क्रमशः छिड़लता जल चला जाता है। ऐसी परिस्थिति में जिन विभिन्न अवस्थाओं से चरम पादप समुदाय का विकास होता है। वे निम्न हैं —

(1) **प्लावक अवस्था (Plankton stage)** — जल की गहराई में पुरोगामी के रूप में पादप प्लावक (*Phytoplankton*) उत्पन्न होते हैं। ये एक कोशिकीय और सनूह में रहने वाले हरे शैवाल हैं जो जल की ऊपरी सतह पर तैरते रहते हैं। जल की गहराई में पादप जीवन अनुपस्थित होता है।

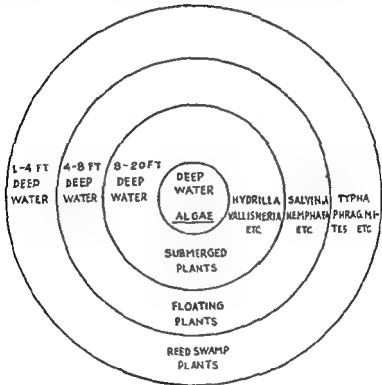
(2) **निमग्न अवस्था (Submerged Stage)** — 10 फीट या इससे कम गहरे पानी वाले झील क्षेत्र में पूर्णतः निमग्न पौधे तथा मुक्त प्लावी पौधे पाये जाते हैं। इनकी जड़े नीचे कीचड़ में जमी नहीं होती। इन पौधों के उदाहरण हैं पोटमोगेटोन (*Potamogeton*) हाइड्रिला (*Hydrilla*) वेलिसनेरिया (*Vallisneria*) यूट्रिक्युलेरिया (*Utricularia*) आदि। इन पौधों के साथ शैवाल गुच्छ चिपके रहते हैं। किनारे से अपरदित मिट्टी के कण जो गदले पानी में तैरते होते हैं इन पौधों द्वारा रोक लिए जाते हैं। इन पौधों की मृत्यु पर इनके अवशेष ह्यूमस में परिवर्तित होकर तल में बैठ जाते हैं। इस प्रकार झील के तल में लगातार मिट्टी कीचड़ व ह्यूमस के जमा होते रहने से प्रतिवर्ष झील उत्तरोत्तर कम गहरी होती चली जाती है। गहराई कम होने के कारण अब यह स्थान निमग्न पादपों के लिए कम अनुकूल तथा नए आक्रामकों के लिए अधिक अनुकूल हो जाता है।

(3) **प्लावी अवस्था (Floating stage)** — उपरोक्त वर्णित कारणों से जल कम गहरा हो जाता है तथा 5 से 10 फीट गहरे पानी में प्लावी जातियाँ उगने लगती हैं। इन पौधों की जड़े तल में जमी रहती हैं परन्तु स्तम्भ अथवा पर्णवृन्त लगभग पानी के ऊपर पहुँच जाते हैं तथा इनकी पत्तियाँ जल सतह पर तैरती रहती हैं। इनने निम्बिया नेलम्बियम व रेननकुलस ऐक्वाटिलिस प्रमुख हैं इनके साथ ही कुछ मुक्त प्लावी जातियाँ जैसे लेम्ना बोल्फिया पिस्टिया सिरटोफिलन इत्यादि जातियों तक प्रकाश को नहीं पहुँचने देते जिसके फलस्वरूप निमग्न जातियाँ समाप्त हो जाती हैं।



चित्र 3.2 जलजन्मक की विभिन्न अवस्थाएँ

(4) नद अनूप अवस्था (Reed Swamp stage) — जब जल की गहराई 2 से 3 फीट रह जाती है तो रीड स्वाम्प जैसे पादप उगने लगते हैं। यहाँ पर टाईफा, फ्रेन्माइटीज, कैरिक्स, जकस जैसे पादपों के साथ ही अत्यन्त कम जल में रुमेक्स, एक्लिप्टा और सैनिटेरिया जैसे पादप उगने लगते हैं। ये पौधे तल में जड़ों द्वारा जमे रहते हैं। इनके कुछ भाग पानी में डूबे होते हैं। यहाँ पर दलदल बनने लगता है तथा धीरे-धीरे मिट्टी के जमाव के कारण यह स्थान कच्चा (Marshy) भूमि में परिवर्तित होने लगता है।



चित्र 3.3 : एक तालाब में पलक्रमक की अवस्थाएं

(5) कच्चा शाबल अवस्था (Marsh Meadow stage) — मिट्टी के जमाव के कारण यह क्षेत्र कच्चा भूमि (जहाँ केवल कुछ इंच पानी ही हो) में परिवर्तित हो चुका होता है। इस भूमि पर पॉलीगोनम, पोदीना कुल के पौधे, ऊँची घास की जातियाँ आदि आकर जमने लगती हैं यह एक घास मैदान (Meadow) बन जाता है। ये पौधे भूमि जल का अत्यधिक अवशोषण करते हैं और इसे वाष्पोत्सर्जन द्वारा उड़ा देते हैं। इनके मृत अवशेषों के सचयन से और जल वाहित तथा खातोड़ मिट्टी के रोककर भूमि का निर्माण करते हैं। ऐसी भूमि जलीय पौधों के पनपने के लिए अनुकूल नहीं होती अतः अब यहाँ पर क्षुप तथा वृक्षों के पनपने की परिस्थिति बनने लगती है।

(6) काष्ठीय वनस्थिति अवस्था (Woodland stage) - आर्द्र जलवायु में इस अनुक्रम का अगला चरण धुआ तथा वृक्षा का जातिया का पनपना है। इस अवस्था में एक पौधे पुराणमा हान है जो अपना जड़ का आम-पास आशिक जलाक्रान्त परिस्थितिया का सहन कर सक। ये काष्ठीय पौधे आवाम को अपने पूर्ववर्ती पौधों के मनान ही छया गतकर तथा तंत्र वाष्पात्मर्जन द्वारा प्रमथित करते हैं। ये काष्ठीय पादप वाताढ़ निट्टी का टंककर तथा प्राण्य अवशया के सचयन द्वारा निट्टी को शुष्क बनाते हैं।

(7) चरम वन (Climax Forest) - जैसे जैसे ह्युमस का सचयन होता है जीवाणु तथा अन्य मृन्म जीव भूमि में बढ़न लगते हैं और भूमि अधिक ऊर्वर होती चली जाती है। इस भूमि पर नये सजादमिद वृक्ष प्रकट होने लगते हैं। ये वृक्ष भूमि को प्रभावित करने हैं इनका छाया (Tree canopy) के नीचे वायु आर्द्र रहती है और इनकी छाया के नीचे छायासह (Shade tolerant) धुप व शाक पनपने लगते हैं।

इस प्रकार एक क्षेत्र जो पानी से ढका या अन्त में वन में परिवर्तित हो गया। यहाँ पर यह पाद रखना आवश्यक है कि चरम सनुदाय की प्रकृति वहाँ उपस्थित जलवायु पर निर्भर करती है। वन सनुदाय का विकास तभी होगा जब जलवायु आर्द्र होगी। शुष्क जलवायु में चरम सनुदाय घास म्थल अथवा कोई अन्य शुष्कम्यली सनुदाय हो सकता है।

पादप समुदाय (Plant Community)

प्रकृति में भिन्न भिन्न जातियाँ एक दूसरे के सहयोग से उगती हैं। किसी एक स्थान पर एक ही जाति के उगने वाले समूह को जनसंख्या (Population) कहते हैं। प्रकृति में अनेक जातियाँ एक दूसरे के साथ मिलजुल कर एक ही स्थान पर मिलती हैं इस समूह को प्राण्य समुदाय (Plant community) कहते हैं।

पादप समुदाय का अध्ययन -

किसी भी स्थान पर उपस्थित विभिन्न प्रकार के पादपों की जानकारी एवं समुदाय का नूत्यावन उसके विस्तृत अध्ययन में ही सम्भव है। समुदाय के अध्ययन हेतु कुछ गुणों (Character) का आकलन करना आवश्यक हो जाता है। इस आकलन को हम दो विधियों में कर सकते हैं।

- (अ) प्राण्य समुदाय का गुणात्मक स्वरूप वन करना - गुणात्मक स्वरूप
- (ब) प्राण्य समुदाय के बारे में सङ्ख्यात्मक आकड़ों ज्ञान करना - सङ्ख्यात्मक आकड़े

(अ) गुणात्मक स्वरूप (Qualitative characters) - किसी भी स्थान की वनस्थिति एवं पादप समुदाय के गुणात्मक अध्ययन हेतु निम्न गुण (Characters) का अध्ययन किया जाता है।

(i) पौधों की जातियों का उल्लेख - किसी भी स्थान पर पाये जाने वाला समस्त जातियों की सूची वहाँ के पर्यावरणीय गुणों के बारे में सूचना देती है। अतः गुणात्मक स्वरूप जानने के लिए वहाँ उपस्थित पादप जातियों की किसी भी अन्तर्गतीय मान्यता ज्ञान करना न सूची बनाई जाती है।

(ii) **उदग्र स्तर विन्यास (Stratification)** — पृथ्वी के ऊपर अथवा अन्दर एव जल में पाये जाने वाले पौधे प्रकाश एवं खाद्य प्राप्ति के लिए अनुकूलता द्वारा अपने अंगों को एवं संमस्त शरीर के इस प्रकार विकसित करते हैं या उन स्थानों को घेरते हैं, जहाँ से पौधे को वातावरण का पूर्ण लाभ मिल सके। ऐसी क्रियाओं के फलस्वरूप कहीं कहीं पौधे कई स्तर से एक दूसरे के ऊपर फैले हुए भी पाये जाते हैं। इस प्रकार के वितरण से थोड़े ही स्थान में अधिक सख्या में पौधे रह सकते हैं और अन्तर जातीय प्रतियोगिता के प्रभाव को भी बहुत हद तक कम कर देते हैं।

जंगलों में ऊँचे वृक्षों की छाया में अनेक प्रकार के शाकीय/क्षुप/ प्रतान आदि उगते रहते हैं। विषुवत रेखीय नम वनों में तो पाँच स्तर में पौधे एक दूसरे की छाया में एव एक दूसरे के कारण उगते हैं। इन स्थानों पर जल व ताप पौधों को उचित मात्रा में मिलता रहता है। ऐसे स्थानों पर पाये जाने वाले पादपों की पत्तियाँ इस प्रकार व्यवस्थित होती हैं कि उन्हें अधिक सौर ऊर्जा प्राप्त हो सके। अतः स्तर विन्यास का अध्ययन भी आवश्यक गुण है।

(iii) **फिनोलोजी (Phenology)** — फिनोलोजी में किसी भी स्थान पर पाये जाने वाले पादप समुदाय की सभी जातियों के पादपों की विभिन्न क्रियाओं (अकुरुण, वृद्धि दर, पुष्पन काल, फल एवं बीजों का परिवर्धन, बीजों का वितरण, पत्तियों का झड़ना आदि) का अध्ययन किया जाता है। किसी भी स्थान की वनस्पति एवं उनकी क्रियाएँ वहाँ के ताप, वायु, जल उपलब्धता एवं सूर्य के प्रकाश से प्रभावित होती हैं। इन सभी क्रियाओं का प्रभाव वहाँ के जन्तु समुदाय पर भी पड़ता है। अतः फिनोलोजी का अध्ययन आवश्यक है।

(iv) **पौधों की जीवन शक्ति (Vitality)** — एक जाति तथा एक अवस्था के सभी पौधे एक ही समान नहीं उगते। इनमें से कुछ मजबूत एवं स्वस्थ एवं कुछ पौधे कमजोर होते हैं। जिन बीजांकुशों को प्रारम्भिक अवस्था में उचित वातावरण प्राप्त नहीं होता वे कमजोर हो जाते हैं और उनसे कम सख्या में तथा कमजोर बीज पैदा होते हैं। प्रारम्भ से ही अनुकूल वातावरण प्राप्त करने वाले पौधे स्वस्थ एवं मजबूत होते हैं। ऐसे मजबूत पौधे पाला, सूखा, रोगों आदि का मुकाबला कर सकते हैं तथा ये स्वस्थ बीज उत्पन्न करते हैं।

पौधों की जीवन शक्ति का अध्ययन हम पौधों की ऊँचाई, जड़ों की लम्बाई, पत्तियों का क्षेत्रफल, पत्तियों की सख्या, पत्तियों में उपस्थित वर्णक, फूल, फल, बीजों की सख्या एवं भार, पौधों का शुष्क भार आदि गुणों के आधार पर करते हैं।

(v) **जीव स्वरूप (Life forms)** — राउकेर ने सन् 1934 में पौधों को उनके जीव स्वरूप के आधार पर वर्गीकृत किया। राउकेर के अनुसार पौधों के वंश को चलाने में उन पर उपस्थित जननक्षम अंगों (Perennating bodies) की प्रमुख भूमिका है अतः पौधों पर जननक्षम अंगों के स्थान को उन्होंने प्रमुख आधार मानकर जीव स्वरूपों का वर्गीकरण किया। इस प्रकार के वर्गीकरण से हमें यदि पौधों के लेटिन नामों का ज्ञान न भी हो तो कोई छानि नहीं होगी। राउकेर के अनुसार पौधों के निम्न पाँच वर्ग हैं

फेनेरोफाइट	Phanerophyte
केमीफाइट	Chemophyte
हेमीक्रिप्टोफाइट	Hemicyptophyte
क्रिप्टोफाइट	Cryptophyte
थेरोफाइट	Therophyte

पारिस्थितिकी के दृष्टिकोण से इस प्रकार के वर्गीकरण का बहुत महत्व है क्योंकि पौधों का जीव स्वरूप उस स्थान के वातावरण का द्योतक है। किसी भी स्थान की वनस्पति में इस पाँच वर्गों में से कोई एक वर्ग के पौधे अवश्य अधिक मात्रा में होते हैं और उसी वर्ग के आधार पर वहाँ की वनस्पति एवं वातावरण का ज्ञान हो जाता है।

(vi) सामाजिकता (Sociability) — कुछ जाति के पौधे बहुत पास पास खूब अच्छी तरह उगते हैं और एक घनी आबादी बना देते हैं। इसके विपरीत कुछ ऐसे भी पौधे हैं जो पास-पास उगने पर या तो कमजोर हो जाते हैं अथवा स्पर्धा के फलस्वरूप मर जाते हैं, अतः वे घनी आबादी नहीं बना पाते। ब्रान-ब्लैफे (1951) के अनुसार अधिक सामाजिकता केवल उन्हीं जातियों में पाई जाती है जिनके पौधे (अ) अधिक मात्रा में बीज उत्पन्न करते हैं (ब) बीज एवं फल भली प्रकार से वितरित होते हैं (स) बीजों का अकुरण अधिक मात्रा में होता है (द) उनके पौधों में स्पर्धा शक्ति अधिक होती है और (च) पौधों पर सक्रामक रोगों का न्यूनतम प्रभाव पड़ता हो।

(ब) संख्यात्मक आँकड़े — समुदाय के अध्ययन हेतु संख्यात्मक आँकड़े ज्ञात करना आवश्यक होता है क्योंकि स्पर्धा एवं समुदायिकता दोनों ही पौधों की संख्या पर आधारित हैं। कुछ संख्यात्मक गुण (Quantitative characters) निम्न हैं —

(i) बारम्बारता (Frequency) — किसी भी स्थान पर सभी जाति के पौधों का वितरण एक समान नहीं होता, कुछ तो छिटक कर फैले हुए चारों तरफ पाए जाते हैं पर कोई-कोई जाति के पौधे छोटे-छोटे समुदाय में वितरित होते हैं। पौधों का वितरण उनके प्रजनन, बीज की बनावट एवं वातावरण की अनुकूलता का प्रतीक है। बारम्बारता हमेशा प्रतिशत में प्रदर्शित की जाती है।

कवाड्रेटों की कुल संख्या जिनमें वह स्पीशीज पाई जाती है $\times 100$
 बारम्बारता = $\frac{\text{कुल क्वाड्रेटों की संख्या}}{\text{कुल क्वाड्रेटों की संख्या}}$

कुल क्वाड्रेटों की संख्या

उत्तर ने पौधों की बारम्बारता के आधार पर पाँच वर्गों में बाँटा है —

वर्ग ए	जिन पौधों की बारम्बारता	1 से 20% हो
वर्ग बी	जिन पौधों की बारम्बारता	21 से 40% हो
वर्ग सी	जिन पौधों की बारम्बारता	41 - 60% हो
वर्ग डी	जिन पौधों की बारम्बारता	61 - 80% हो
वर्ग ई	जिन पौधों की बारम्बारता	81 - 100% हो

संसार के अनेक देशों में पाई जाने वाली वनस्पति समुदाय में स्पीशीज का वितरण उपरोक्त वर्गों में विस्तरेषित करने के पश्चात् राज्केर ने विश्व के लिए एक आदर्श बारम्बारता क्रम बनाया जो निम्न प्रकार है -

$$A > B > C \leq D < E$$

इस प्रकार के अध्ययन से हमें जो आँकड़े मिलते हैं उनके द्वारा हम किसी दो वनस्पति समुदाय का तुलनात्मक अध्ययन कर सकते हैं तथा वातावरण का प्रभाव किसी जलति के पौधों पर क्या है इसकी प्रकृति की जानकारी प्राप्त की जा सकती है।

(ii) घनत्व (Density) - किसी स्थान में इकाई क्षेत्रफल में उपस्थित पौधों की संख्या उसके घनत्व को दर्शाती है। पौधों के घनत्व का प्रभाव उनके आपसी प्रतियोगिता का घटक है। यदि पौधे पास-पास उगते हैं तो उनमें अधिक प्रतियोगिता पाई जायेगी। अधिक प्रजनन शक्ति वाले पौधों का घनत्व अनुकूल वातावरण में अधिक होता है।

$$\text{घनत्व} = \frac{\text{सभी क्वाड्रेटों में उस स्पीशीज के पौधों की कुल संख्या}}{\text{कुल क्वाड्रेटों की संख्या}}$$

घनत्व हमेशा प्रति इकाई में व्यक्त किया जाता है।

(iii) आवरण क्षेत्र (Cover) - आवरण क्षेत्र हमें यह दर्शाता है कि भूमि का कितना भाग केवल तने के और कितना क्षेत्र उसके पर्णित आवरण (Foliose cover) ने घेर रखा है। केवल तने द्वारा घिरे क्षेत्र को उसका आधार आवरण क्षेत्र (Basal cover) तथा पर्णित आवरण द्वारा ढके क्षेत्र को पर्णित आवरण क्षेत्र (Canopy cover) कहते हैं।

आधार एवं पर्णित आवरण क्षेत्र का आकलन तने की परिधि तथा दोपहर को पौधे द्वारा की गई छाया की परिधि को नाप कर किया जाता है।

(iv) प्रचुरता (Abundance) - किसी स्थान विशेष पर किसी जाति के पौधों का समूहन (aggregation) उसकी प्रचुरता को प्रदर्शित करता है। प्रचुरता के लिए निम्न सूत्र काम में लेते हैं।

$$\text{प्रचुरता} = \frac{\text{सभी क्वाड्रेटों में उस स्पीशीज के पौधों की संख्या}}{\text{उन क्वाड्रेटों की संख्या जिनमें वह स्पीशीज पाई गई}}$$

इस प्रकार हम किसी भी स्थान पर पाई जाने वाली वनस्पति का अध्ययन कर सकते हैं। अध्ययन हेतु पादप समुदाय के सभी पेड़-पौधों को नापना और गिनना व्यावहारिक रूप से संभव नहीं है, इसलिए समुदाय का प्रतिचयन (Sampling) इस प्रकार से किया जाता है कि कम समय और कम परिश्रम से पादप समुदाय का यथार्थ स्वरूप ज्ञात हो सके।

प्रतिचयन विधियाँ (Sampling methods)

(अ) **क्वाड्रेट विधि** — सनातन भुजा वाले वर्ग क्षेत्र को क्वाड्रेट कहते हैं, इनका आकार पादप समुदाय के प्रकार और संगठन पर निर्भर करता है। किसी समुदाय विशेष में प्रतिचयन के लिए किस आकार का क्वाड्रेट उपयुक्त होगा इसके लिए सबसे छोटे क्वाड्रेट से प्रतिचयन आरम्भ करके आकार को क्रमशः बढ़ाते जाते हैं। इस प्रकार प्राप्त सूचना के आधार पर स्पेसीज की सख्या और क्वाड्रेट के क्षेत्रफल के बीच वक्र खींचा जाता है जिसे स्पेसीज-क्षेत्रफल वक्र (Species area curve) कहते हैं। इस वक्र में रेखा के मोड़ के आधार पर लम्ब डाँटकर क्वाड्रेट का उपयुक्त आकार तय किया जाता है।

दूसरे शब्दों में हम यह कह सकते हैं कि क्वाड्रेट एक प्रतिचयन की इकाई है जिससे वनस्पति विश्लेषण हेतु आँकड़े एकत्रित किये जाते हैं। किसी भी स्थान के आकार के आधार पर क्वाड्रेटों की सख्या तय की जाती है। प्रत्येक क्वाड्रेट में आने वाले पौधों/वृक्षों के नाम, सख्या, ऊँचाई, मोटाई (परिधि) इत्यादि को रिकार्ड किया जाता है। इस प्रकार संप्रतिष्ठ आँकड़ों से पादप समुदाय के गुणों की गणना की जाती है।

(ब) **ट्रांसेक्ट विधि** — अध्ययन क्षेत्र के एक सिरे से दूसरे सिरे तक एक सीधी डोरी अथवा रेखा खींच ली जाती है, इस पर स्थित पौधों की स्पेसीज, आवृत्ति और कुल सख्या ज्ञात कर ली जाती है। इस विधि द्वारा प्रतिचयन करने के लिए बराबर बराबर दूरी पर लगभग 10 से 15 सनानान्तर ट्रांसेक्ट्स डाले जाते हैं। ट्रांसेक्ट विधि द्वारा किसी संगठन की परिधि से केन्द्र तक पौधों की रचनाकृति और संगठन में परिवर्तित को भी ज्ञात किया जा सकता है।

क्वाड्रेट एवं ट्रांसेक्ट के विभिन्न प्रकार तथा अन्य विस्तृत जानकारी आप उच्च कक्षाओं में पढ़ेंगे।

अध्याय : 4

पारिस्थितिक तंत्र ✓

(Ecosystem)

संरचना एवं कार्य

यह देखने में आता है कि किसी भी भूभाग पर पौधे अकेले नहीं उगते, वे अन्य पौधों और जंतुओं के साथ एक मिश्रित समुदाय में उगते हैं जिसे सगठन कहते हैं। प्रत्येक सगठन की एक विशेष रचना होती है जो उस जगह के पर्यावरण पर निर्भर रहती है। सगठन के अवयव (पादप और प्राणी) एक दूसरे को तथा वहाँ के पर्यावरण को प्रभावित करते रहते हैं। आपने पढ़ा है कि हम पारिस्थितिकी (Ecology) के अध्ययन को एक पौधे के तदर्थ में कर सकते हैं अथवा एक पादप समुदाय (Plant Community) के तदर्थ में। पादप समुदाय का अध्ययन करते समय उसको प्रभावित करने वाले सभी जीवीय तथा अजीवीय कारकों का भी अध्ययन करना होता है। इन जीवीय तथा अजीवीय कारकों की सम्पूर्ण संरचना एक तंत्र (System) की तरह कार्य करती है। इस तंत्र को पारिस्थितिक तंत्र (Ecosystem) कहते हैं। यह तंत्र पारिस्थितिकी की वह मूल क्रियात्मक इकाई है जिसमें जैव-समुदाय (Biological Community) अपने अजैव (Abiotic) पर्यावरण से परस्पर सम्बन्धित होता है। ये दोनों ही एक दूसरे की विशेषताओं को प्रभावित करते हैं तथा जीवन के अनुरक्षण के लिए दोनों ही अति आवश्यक हैं। इनका पारस्परिक सम्बन्ध इतना घनिष्ठ होता है कि एक के बिना दूसरे का कोई महत्व नहीं होता।

सर्व प्रथम पारिस्थितिक-तंत्र शब्द का प्रयोग टेन्सले (Tansley, 1935) ने किया। वृहद्रूप में सम्पूर्ण जैव-मंडल (Biosphere) जिसमें पृथ्वी के जीवीय तथा अजीवीय अंश तथा भौतिक, रासायनिक एवं भू-अभौतिक तत्त्व सम्मिलित कर लिये जायें तो यह एक पारिस्थितिक-तंत्र कहलायेगा। पारिस्थितिक तंत्र पर्यावरण के जैविक व अजैविक भागों या कारकों से निर्मित एक क्रियात्मक इकाई है। इसमें जैविक व अजैविक भाग अन्तर्क्रिया द्वारा एक स्थाई तंत्र बनाते हैं तथा इन दोनों की संरचना तथा कार्यों का सम्बन्ध निश्चित नियमों के अनुसार गतिज सतुलन में रहता है।

ओडम (Odum, 1963) के अनुसार पारिस्थितिक तंत्र वह आधार भूत इकाई है जिसमें जैविक व अजैविक वातावरण एक दूसरे पर अपना प्रभाव डालते हुए पारस्परिक अनुक्रिया से ऊर्जा और रासायनिक पदार्थों के निरन्तर प्रवाह से तंत्र की कार्यात्मक गतिशीलता बनाये रखते हैं। इस तंत्र में ऊर्जा का एकमात्र स्रोत सूर्य है।

पारिस्थितिक तंत्र की कोई निश्चित सीमा नहीं हो सकती। यह छोटा से छोटा जैसे तश्तरी या बर्तन भरा जल, गनले में भरी मृदा अथवा महासागर व वन जितना विशाल, यहाँ तक कि सम्पूर्ण पृथ्वी एक पारिस्थितिक-तंत्र मानी जा सकती है।

पारिस्थितिक - तंत्र के लिए आवश्यक हैं -

- 1 अजीवीय पदार्थों की पर्याप्त उपस्थिति
- 2 जीव।
- 3 ऊर्जा स्रोत।

- 4 विभिन्न विधियों जिनसे पदार्थों व ऊर्जा का प्रवाह चल सके।

पारिस्थितिक तंत्र की संरचना --

उपरोक्त परिभाषा के अनुसार पारिस्थितिक तंत्र दो प्रकार के घटकों (Components) से मिल कर बनता है --

- 1 जीवीय घटक (Biotic Components)।
- 2 अजीवीय घटक (Abiotic Components)।

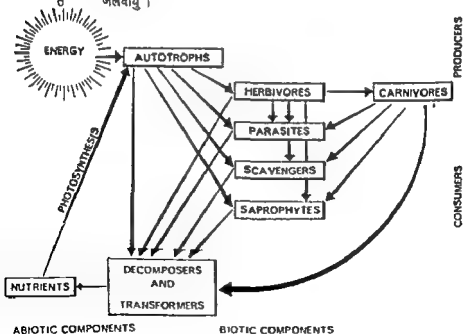
ओडम (Odum, 1971) के अनुसार पारिस्थितिक-तंत्र के छ घटक होते हैं जिन्हें निम्न दो भागों में संयोजित किया जा सकता है --

(अ) जीवीय घटक --

- 1 उत्पादक।
- 2 उपभोक्ता।
- 3 सूक्ष्म उपभोक्ता या अपघटक (विघटक)।

(ब) अजीवीय घटक --

- 4 अकार्बनिक पदार्थ।
- 5 कार्बनिक पदार्थ।
- 6 जलवायु।



चित्र 4.1 एक सम्पूर्ण पारिस्थितिक तंत्र के प्रमुख पद व घटक तथा सम्बन्ध

क्लार्क (Clarke) ने पारिस्थितिक तंत्र में एक अन्य प्रकार के घटक का उल्लेख किया है जिसके अन्तर्गत परिवर्तक (Transformers) रखे गये हैं जो विघटित पदार्थों पर प्रतिक्रिया करके उनको विभिन्न प्रकार के अकार्बनिक एवं कार्बनिक पदार्थों में परिवर्तित कर देते हैं।

जीवीय घटक (Biotic Component)

पारिस्थितिक तंत्र में इनका प्रमुख स्थान होता है। इस घटक में विभिन्न प्रकार की वनस्पतियाँ एवं प्राणी आते हैं। भोजन प्राप्त करने की विधि के अनुसार इस घटक को दो प्रमुख भागों में विभक्त किया जाता है -

(अ) स्वपोषित अथवा उत्पादक (Autotrophs or producers) -

ये वे हरे सजीव पादप सदस्य हैं जो साधारण अकार्बनिक (inorganic) पदार्थों को प्राप्त कर प्रकाश-संश्लेषण की क्रिया द्वारा जटिल पदार्थ भोजन के रूप में निर्माण करने में सक्षम होते हैं स्वपोषित कहलाते हैं। ये जीव प्रमुख रूप में सूर्य के प्रकाश से ऊर्जा प्राप्त करते हैं जिसके लिए इनमें पर्णहरित (Chlorophyll) नामक पदार्थ होता है। इस प्रकार के घटक उत्पादक कहलाते हैं क्योंकि ये उत्पादित खाद्य-पदार्थों का विभिन्न प्रकार से संचय भी करते हैं। यही संचित खाद्य-पदार्थ सभी प्रकार के जीवों के लिये प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप में भोजन का स्रोत होता है।

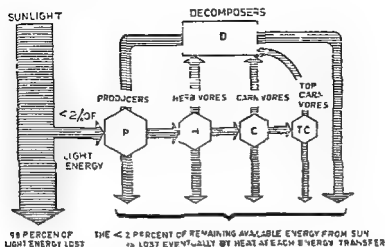
(ब) परपोषित घटक (Heterotrophic Components) --

इस घटक के सदस्यों में पर्णहरित के अभाव के कारण भोजन बनाने की क्षमता नहीं होती है अतः ये अपने भोजन के लिए उत्पादकों पर निर्भर रहते हैं, इसलिये इन्हें उपभोक्ता (Consumer) भी कहते हैं। ये उपभोक्ता, उत्पादकों द्वारा उत्पादित या संचित भोजन का उपयोग करते हैं। उपभोक्ता तीन श्रेणियों में विभाजित किये जा सकते हैं -

(i) उपभोक्ता प्रथम श्रेणी (Consumers of first order or Primary consumers) - ये जीव अपने भोजन के लिए प्रत्यक्ष रूप से हरे पौधों अर्थात् उत्पादकों पर निर्भर रहते हैं अतः ये मुख्य रूप से शाकाहारी (Herbivores) होते हैं जैसे चूहा, कीट, बकरी, गाय, खरगोश, हिरण आदि।

(ii) उपभोक्ता द्वितीयक श्रेणी (Secondary Consumers) -- वे जीव जो अपना भोजन शाकाहारी जन्तुओं से प्राप्त करते हैं द्वितीयक श्रेणी के उपभोक्ता कहलाते हैं। ये मांसाहारी होते हैं तथा इनका भोजन शाकाहारी जन्तु होते हैं जैसे मेढक, कौआ, सर्प, बिल्ली, लोमड़ी आदि।

(iii) उपभोक्ता तृतीयक श्रेणी (Tertiary Consumers) - वे जीव जो मांसभक्षी प्राणियों अर्थात् द्वितीयक श्रेणी (उपभोक्ताओं) का भक्षण करे वे तृतीयक श्रेणी उपभोक्ता कहलाते हैं। ये सर्वाहारी व शाकाहारी का भी भक्षण कर लेते हैं। ये वे जीव हैं जो अन्य जीवों का तो भक्षण कर लेते हैं किन्तु इन्हें कोई भी प्राणी नहीं खा सकता अतः इन्हें उच्च उपभोक्ता (Top Consumers) भी कहते हैं उदाहरणार्थ: - चीता, शेर, बाज (Hawk), गिद्ध (Vulture) आदि।



चित्र 4.2 : पारिस्थितिक तन्त्र में ऊर्जा प्रवाह

(स) अपघटक --

अपघटक वे मृतपोषी कवक व जीवाणु हैं जो भूपृष्ठ पर या इससे कुछ नीचे रहते हैं और सभी प्रकार के जीवों के मरने पर उनके मृत शरीरों या शरीर के अवशेषों को अपघटित (Decompose) करके उनके अवयवों को फिर से कार्बन, नाइट्रोजन, फॉस्फोरस आदि खनिज तत्वों में परिवर्तित कर देते हैं। इस प्रकार भोजन को जिसे प्राथमिक रूप में उत्पादकों ने संचित किया था तथा अन्य उपभोक्ताओं ने प्रयोग किया उसे वातावरण में वापस लौटाने का कार्य अपघटक ही करते हैं, अतः पारिस्थितिक तंत्र के सतुलित संचालन के लिए अपघटकों की भूमिका उतनी ही महत्वपूर्ण है जितनी कि उत्पादकों की या उपभोक्ताओं की। अपघटन प्रक्रिया के समय अति सक्षिप्त मात्रा में कुछ कार्बनिक पदार्थों को ये सूक्ष्म जीव अपने भोजन के रूप में भी ग्रहण कर लेते हैं। यदि अपघटक न हो तो मृत जीवों के भूमि व जल में ढेर लग जायेंगे और मृदा में आवश्यक खनिज वापस नहीं पहुँच पायेंगे, फलस्वरूप भूमि में आवश्यक खनिजों का अभाव हो जावेगा तथा वह अनुपजाऊ हो जावेगी। सक्षिप्त में हम यह कह सकते हैं कि अपघटक पारिस्थितिक-तंत्र में खनिज-संचरण व अन्य कच्ची सामग्री (Raw materials) के पुनः चक्रण (Re-cycling) का महत्वपूर्ण कार्य करते हैं।

अजीवीय घटक (Abiotic Components)

संरचना के दृष्टिकोण से अजीवीय घटकों को तीन भागों में बाँटा जा सकता है --

1. भौतिक (Physical) -- वातावरण के भौतिक भाग में जलवायवी कारक जैसे -- जल, ताप, प्रकाश, आर्द्रता, ऊर्जा आदि मुख्य रूप से उल्लेखनीय हैं।

2. अकार्बनिक पदार्थ — इस भाग में जीवन के लिए परम आवश्यक खनिज जैसे कैल्शियम, पोटेशियम, मैग्नेशियम, लवण जैसे फॉस्फोरस, नाइट्रोजन, सल्फर, तथा गैसे गैसे ऑक्सीजन, कार्बन डाईऑक्साइड, नाइट्रोजन (O_2 , CO_2 , N_2) आदि शामिल हैं। ये सब स्वपोषित तथा उत्पादक घटक जैसे हरे पौधों के पोषक तत्व अथवा कड़ी सामग्री हैं।

3. कार्बनिक पदार्थ — इन पदार्थों को तीन श्रेणियों में बाँटा जा सकता है।

प्रथम श्रेणी में कार्बोहाइड्रेट्स, प्रोटीन्स, लिपिड्स जैसे कार्बनिक यौगिक, एवं इसके अपघटन (Decomposition) से उत्पन्न पदार्थ जैसे यूरिया तथा ह्यूमस जो वातावरण में अकार्बनिक पदार्थों की भाँति मुक्त रूप में मिलते हैं, सम्मिलित हैं।

दूसरी श्रेणी में वह कार्बनिक पदार्थ हैं जो केवल जीवित कोशिकाओं में पाये जाते हैं जैसे एडिनोसीन-ट्राई-फॉस्फेट (ATP)।

तीसरी श्रेणी में वह पदार्थ आते हैं जिनको उपरोक्त दोनों के बीच की कड़ी माना जा सकता है जैसे पर्णहरित (Chlorophyll) एवं डी-ऑक्सीराइबोन्यूक्लिक-एसिड (DNA) जो जीवित कोशिकाओं के अन्दर तथा बाहर दोनों ही रूप में मिलते हैं, अतः इस श्रेणी के पदार्थ जैविक एवं अजैविक पदार्थों को जोड़ने वाली कड़ी का काम करते हैं।

कार्यात्मक दृष्टिकोण से अजैविक घटकों को दो भागों में बाँटा जा सकता है —

(अ) पदार्थ (Materials) — जैसे मृदा, वायु-मंडलीय गैसें, खनिज-लवण आदि।

(ब) ऊर्जा (Energy) — जैसे सूर्य के प्रकाश की ऊर्जा, रासायनिक, ताप ऊर्जा आदि।

पारिस्थितिक तंत्र का कार्यात्मक पहलू —

वैसे तो अजैविक तथा जैविक घटक अलग-अलग दिखाई देते हैं परन्तु इन दोनों घटकों में समुचित तथा जटिल कार्यात्मक सम्बन्ध रहता है, इसी पर इस तंत्र का जीवन चक्र समझ है। पारिस्थितिक तंत्र का कार्यात्मक स्वरूप निम्न पहलुओं से स्पष्ट किया जा सकता है —

- 1 द्रव्यों का चक्रण या भू-रासायनिक चक्र।
- 2 ऊर्जा - प्रवाह चक्र।
- 3 भोजन चक्र एवं पोषण स्तर।

द्रव्यों का चक्रण —

पारिस्थितिक तंत्र में आवश्यक खनिज द्रव्य पोषक पदार्थों की पूर्ति के लिए अनेक चक्र चलते रहते हैं जिनके माध्यम से O_2 , CO_2 , N , S , (ऑक्सीजन, कार्बन, नाइट्रोजन, सल्फर) आदि अनेक तत्व वायुमंडल और भूमंडल के भंडार से जीव धारियों में प्रविष्ट कर विभिन्न जैविक क्रियायें सम्पादित करते हैं और अन्त में वापस मूल भंडार में लौट आते हैं। इन चक्रों का विस्तारपूर्ण विवरण अध्याय 2 में किया गया है। इन सबको खनिज प्रवाह (Mineral circulation) भी कहते हैं। इस प्रकार के चक्रों में क्योंकि जीवीय एवं अजीवीय दोनों ही प्रकार के घटक निरन्तर क्रियाशील रहते हैं अतः इसे भू-जीवीय रासायनिक चक्र (Bio-geo-chemical cycle) भी कहते हैं।

ऊर्जा प्रवाह —

पृथ्वी पर जीवों का अस्तित्व ऊर्जा पर निर्भर है। प्रकृति में इस ऊर्जा का मुख्य स्रोत सूर्य का प्रकाश है। सूर्य के प्रकाश का लगभग पचास प्रतिशत (50%) ऊष्मा के रूप में धरातल पर अवशोषित हो जाता है तथा तीस प्रतिशत (30%) भाग को बादल तथा धूल के कण परावर्तित कर देते हैं अतः इस विकिरण का केवल बीस प्रतिशत (20%) भाग ही वायुमंडल द्वारा अवशोषित होता है। वास्तव में सूर्य के प्रकाश का मात्र 0.2 प्रतिशत भाग ही प्रकाश संश्लेषण के उपयोग में आता है।

पारिस्थितिक तंत्र के प्रत्येक जीव को जैविक क्रियाओं के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है। जैसा कि हम पढ़ चुके हैं कि इस तंत्र में दो जैविक घटक होते हैं — (i) स्वपोषी (ii) परपोषी। पारिस्थितिक तंत्र में स्वपोषी घटक द्वारा अजीवीय पदार्थों से भोज्य पदार्थों के संश्लेषण के समय सूर्य के प्रकाश से ऊर्जा का प्रयोग किया जाता है। सूर्य के प्रकाश से ऊर्जा के प्रयोग करने की क्षमता केवल हरे पादपों, जिनमें पर्ण हरित होता है, में ही होती है। एक जीव से दूसरे जीव में (उत्पादक से उपभोक्ता में) यह ऊर्जा भोज्य पदार्थ के रूप में स्थानान्तरित होती है। हर स्थानान्तर के समय कुछ न कुछ संचित ऊर्जा का ह्रास होता रहता है अतः कुछ ऊर्जा व्यर्थ में चली जाती है। इसके अतिरिक्त श्वसन आदि क्रियाओं में भी ऊर्जा के कुछ भाग का ह्रास होता रहता है। इससे ज्ञात होता है कि ऊर्जा एक दिशीय प्रवाह (Unidirectional flow) में ही प्रवाहित होती है जबकि द्रव्यो एवं खनिजों का चक्रण (Circulation) होता रहता है।

विशेष ध्यान में रखने योग्य बात ऊर्जा के सम्बन्ध में यह है कि पारिस्थितिक तंत्र में ऊर्जा का केवल एक प्रतिशत भाग ही हरे पादप भोजन बनाने (प्रकाश संश्लेषण — Photosynthesis) में उपयोग में ले सकते हैं। यही सूक्ष्म सीर ऊर्जा पारिस्थितिक तंत्र को चलाती रहती है। शाकाहारी जन्तु पीछे से जो ऊर्जा प्राप्त करते हैं उसका मात्र दस प्रतिशत (10%) भाग ही अन्य जन्तुओं अथवा द्वितीयक उपभोक्ता को दे पाते हैं। हर स्तर अर्थात् हर ट्रॉफिक स्तर पर यह संचित ऊर्जा इसी प्रकार कम होती रहती है।

पारिस्थितिक-तंत्र में ऊर्जा का प्रवेश, स्थानान्तरण तथा वितरण ऊष्मा गतिक नियमों के अनुसार होता है —

1. प्रथम नियम — प्रथम नियम के अनुसार ऊर्जा का न तो निर्माण किया जा सकता है और न ही इसे नष्ट किया जा सकता है। जैसे — हरे पादप प्रकाश ऊर्जा को रसायनिक ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं, यही रसायनिक ऊर्जा श्वसन क्रिया के कारण ऊष्मा ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है।

2. द्वितीय नियम — द्वितीय नियम के अनुसार जब ऊर्जा स्थानान्तरित होती है अर्थात् जब वह एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित होती है तब ऊर्जा के कुछ भाग का ह्रास होता है। यह ह्रास हुई ऊर्जा वायुमंडल में विसरित हो जाती है।

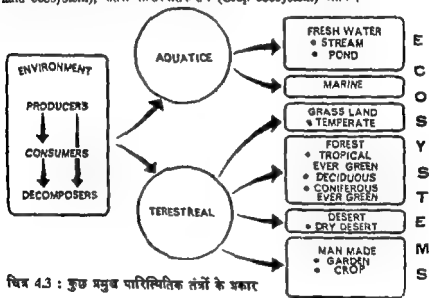
पारिस्थितिक-तंत्र के प्रकार —

जैव मंडल में निम्नलिखित तीन प्रकार के प्रमुख पारिस्थितिक तंत्र हैं —

(1) **अलवणीय जल पारिस्थितिक तंत्र (Fresh water ecosystem)** - इसके अन्तर्गत झीले, तालाब, नहर, नदियाँ, झरने आदि आते हैं।

(2) **नवनीय जल पारिस्थितिक तंत्र (Marine ecosystem)** - इसके अन्तर्गत समुद्र, महासागर तथा लवणीय झीलें आती हैं। यह विश्व के सबसे बड़े समस्थी पारिस्थितिक तंत्र है।

(3) **स्थलीय पारिस्थितिक तंत्र (Terrestrial ecosystem)** - इस तंत्र के अन्तर्गत अनेको छोटे बड़े पारिस्थितिक तंत्र पाये जाते हैं जिनका नामकरण उनके आवास तथा प्रभावी जीवधारियों पर आधारित होता है, जैसे - वन पारिस्थितिक तंत्र (Forest ecosystem), मरुस्थल पारिस्थितिक तंत्र (Desert ecosystem), घास स्थल तंत्र (Grass land ecosystem), फसल पारिस्थितिक तंत्र (Crop ecosystem) आदि।

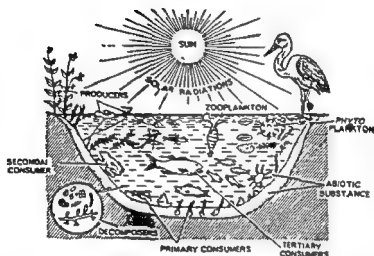


चित्र 4.3 : कुछ प्रमुख पारिस्थितिक तंत्रों के प्रकार

झील एक पारिस्थितिक तंत्र (Lake ecosystem) -

झील में पारिस्थितिक तंत्र की भौतिक इकाईया (चित्र 4.4) अच्छी तरह से निरूपित होती हैं। जल, कार्बन-डाई-ऑक्साइड, ऑक्सीजन, कैल्शियम, मैग्नेशियम, सोडियम, पोटेशियम, नाइट्रोजन, फॉस्फोरस, प्रकाश आदि झील के भौतिक कारक माने गये हैं। पोषक तत्वों का कुछ भाग जल में घुला रहता है। इस पारिस्थितिक तंत्र के सजीव घटक में पानी की सतह पर या उससे थोड़ा नीचे रहने वाले डायटम, शैवाल, उत्पादक हैं। इनके अतिरिक्त तैरने वाले अथवा जल में निम्न पुष्पी पादप भी उत्पादक के रूप में पाये जाते हैं। हाइड्रिला वर्टिसिलेटा, वेलिसनेरिया स्पार्डेलिस, नजाज याइनर, ट्रापा वाइस्पाइनोसा, आइकोर्निया क्रिस्पस, कमल आदि पुष्पी-पादप मुख्यतया झीलों में पाये जाते हैं। प्राथमिक उपभोक्ता के रूप में छोटे छोटे प्राणी-प्लवक, जल पिस्तू, मछर के लार्वा तथा कुछ अन्य

अकशोष्कीय जन्तु होते हैं। द्वितीय उपभोक्ता के रूप में छोटी मछलियाँ तथा मेंढक होते हैं। सर्वोच्च मांसाहारी के रूप में बड़ी मछलियाँ पक्षी जैसे बगुला, बतख, सकलक आदि पाये जाते हैं।



चित्र 4.4 : एक झील का जल पारिस्थितिक तंत्र

इस पारिस्थितिक-तंत्र में अपघटकों के रूप में मृतपोषी-कवक, जीवाणु, तथा अपरद (detritus) पर निर्वाह करने वाले प्राणी जैसे प्रोटोजोआ व अन्य अकशोष्कीय जन्तु पाये जाते हैं जो झील के तले पर कीचड़ में रहते हैं।

वन पारिस्थितिक-तंत्र (Forest ecosystem)

झील पारिस्थितिक तंत्र की भाँति वन पारिस्थितिक-तंत्र में भी जीवीय तथा अजीवीय घटक होते हैं। इस तंत्र में उत्पादक तथा उपभोक्ता सभी अपने उच्चतम विकास की स्थिति में पाये जाते हैं, जो निम्न प्रकार हैं —

(1) **अजीवीय - घटक** — जलवायु के आधार पर वायुमण्डल में उपस्थित ऑक्सीजन, कार्बन-डाई-ऑक्साइड, सूर्य का प्रकाश तथा अन्य गैसें एवं मृदा में पाये जाने वाले विभिन्न पोषक तत्व मुख्य हैं। इस तंत्र में जलीय पारिस्थितिक-तंत्र की अपेक्षा तापमान में परिवर्तन जीवीय घटकों पर अधिक प्रभाव डालता है। इसके अतिरिक्त मृदा में उपस्थित जल भी एक प्रमुख कारक है।



चित्र 4.5 : वन पारिस्थितिक तंत्र

(2) जीवीय चटक -

(अ) उत्पादक - विभिन्न हरे पौधे, शाक, क्षुप एवं वृक्ष के रूप में होते हैं जो उत्पादक का कार्य करते हैं।

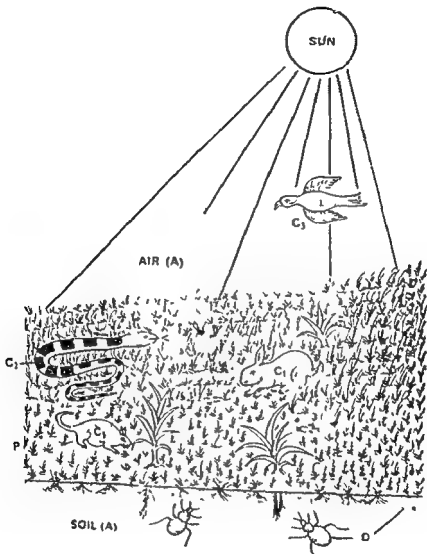
जलवायु, ताप एवं मृदा के आधार पर वन पारिस्थितिक-तंत्र कई प्रकार के होते हैं जैसे ऊष्ण कटिबन्ध (Tropical), समशीतोष्ण (temperate) आदि।

इस पारिस्थितिक तंत्र में सगवान (*Tectona grandis*), साल (*Shorea robusta*), शीशम (*Dalbergia sissoo*), चीड़ (*Pine sps*), देवदार (*Cedrus deodara*) आदि मुख्य वृक्ष हैं।

(ब) उपभोक्ता - वन पारिस्थितिक तंत्र में प्राथमिक उपभोक्ता में अनेक शाकाहारी जन्तु जैसे खरगोश, हिरण, चूहा, गिलहरी, गाय, हाथी, बन्दर, आदि होते हैं। द्वितीय श्रेणी के उपभोक्ताओं में पाये जाने वाले मुख्य जन्तु भेड़िया, तेंदुआ, सर्प, बाज, चील, गिद्ध आदि हैं। सर्वोच्च मांसाहारी अर्थात् तृतीय श्रेणी के उपभोक्ताओं में जन्तुओं की संख्या कम होती है। इनमें से मुख्य है - शेर, चीता, अजगर, गिद्ध आदि।

खाद्य-शृंखला

पारिस्थितिक-तंत्र के अध्ययन से आसक्य यह स्पष्ट हो गया होगा कि पारिस्थितिक तंत्र वातावरण के जैविक व अजैविक भागों या कारकों से निर्मित एक कार्यात्मक इकाई है जहाँ जैविक व अजैविक भाग अन्तर्क्रिया द्वारा एक स्थायी तंत्र बनाते हैं जिसमें दोनों

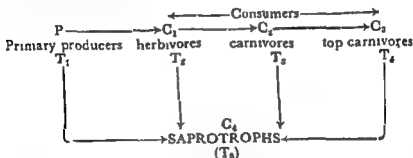


चित्र 46 : पादप पारिस्थितिक तंत्र

भागों के बीच पदार्थों का विनियम एक वृत्ताकार पथ में होता है। पारिस्थितिक-तंत्र के हर सजीव को जैविक क्रियाओं के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है। पारिस्थितिक-तंत्र

मे स्वपोषी उत्पादकों द्वारा रासायनिक पदार्थों के रूप में ऊर्जा संग्रह की जाती है। प्रत्येक जीवधारी के आधार भूत तत्व है C, H, N, O, तथा इनसे बने पदार्थ जैविक व अजैविक भागों से गुजरते रहते हैं। जीव द्वारा ग्रहण की गई ऊर्जा धीरे-धीरे ऊष्मा में परिवर्तित हो जाती है। कहने का तात्पर्य यह है कि ऊर्जा समाप्त नहीं होती वरन् एक से दूसरे रूप में रूपान्तरित हो जाती है। प्रत्येक जीव के द्वारा ग्रहण किया हुआ भोजन का शरीर में श्वसन से प्राप्त ऑक्सीजन द्वारा ऊर्जा मुक्त होती है जो जैविक क्रियाओं के प्रयोग में आ जाती है।

ऑडम के मतानुसार ऊर्जा का एक दिशा में प्रवाह व पदार्थ का चक्रण पारिस्थितिकी के दो महत्वपूर्ण नियम हैं। ये दोनों नियम समस्त वातावरण व जीवों पर समानरूप से प्रभावी हैं।



चित्र 47 • एक प्राथमिक खाद्य-शृंखला का चित्रण

ऊर्जा का प्राथमिक स्रोत है सूर्य, जिससे ऊर्जा का स्थानान्तरण होता है हरे पौधों में और हरे पौधों से अन्य जीवों में। हरे पौधों में संचित सौर ऊर्जा जैविक रूप में उपयोगी होती है इसलिये ये पौधे और इनमें भोजन के लिए सम्बन्धित जन्तु भोजन श्रृंखला का आधार बनते हैं। अपने पारिस्थितिक-तंत्र में स्वपोषी व परपोषित घटकों के बारे में पढ़ा होगा। स्वपोषी घटक द्वारा सूर्य की प्रकाश ऊर्जा का संग्रहण कर सरल अकार्बनिक पदार्थों से जटिल कार्बनिक भोज्य पदार्थों का निर्माण होता है। परपोषी घटक स्वपोषियों द्वारा सश्लेषित जटिल भोज्य पदार्थों का न केवल उपयोग करते हैं वरन् पुनर्विन्यास एवं विघटन भी करते हैं। ये स्वपोषी घटक हैं— पौधे, जो खाद्य श्रृंखला में उत्पादक जीव धारियों (Producers) के रूप में जाने जाते हैं तथा परपोषी घटक जीव भोजक या उपभोक्ता (Consumers) कहलाते हैं। जन्तु समुदाय में शाकाहारी जन्तु ही प्राथमिक भोजक होते हैं तथा ये प्रथम श्रेणी के उपभोक्ता कहलाते हैं। जो इन प्राथमिक श्रेणी के शाकाहारी जीवों से भोजन प्राप्त करते हैं वे द्वितीय श्रेणी के जन्तु मांसाहारी कहलाते हैं। मांसाहारी में यह क्रम एक के बाद दूसरे जन्तुओं में चलता रहता है। दूसरे जन्तु का भक्षण करने वाला जन्तु शिकारी (Predator) व इसका भक्ष्य शिकार (Prey) कहलाता है। स्वयं की प्रजाति का भक्षण करने वाला केनिब्लेस्टिक (Cannibalistic), मृत जन्तुओं को खाने वाला स्केवेंजर (Scavenger) तथा दूसरों पर आश्रित परजीवी (Parasite) कहलाता है।

इस प्रकार पारिस्थितिकी तंत्र में एक जीव से दूसरे जीव में खाद्य-पदार्थ तथा ऊर्जा के प्रवाह को खाद्य-शृंखला कहते हैं। एक पारिस्थितिक-तंत्र में कई खाद्य-शृंखलाएँ हो सकती हैं जो आपस में सम्बन्धित होती हैं।

उपरोक्त वर्णन से यह स्पष्ट होता है कि पारिस्थितिक-तंत्र में विभिन्न जीव - पौधे एवं प्राणी अपनी पोषण से सम्बन्धित आवश्यकताओं के लिये एक दूसरे पर आश्रित रहते हैं तथा परस्पर सम्बन्धित जीव एक खाद्य शृंखला बनाते हैं। अन्य शब्दों में हम कह सकते हैं कि खाद्य-शृंखला जीवों का वह समूह है जिसमें जीव भोज्य एवं भोजक के रूप में परस्पर सम्बन्धित रहते हैं तथा इसमें खाद्य-ऊर्जा भोज्य से भोजक में स्थानान्तरित होती रहती है, अर्थात् प्रथम श्रेणी के उपभोक्ताओं में विद्यमान भोजन को द्वितीय श्रेणी के उपभोक्ता भोजन के रूप में उपयोग कर लेते हैं और इस प्रकार पारिस्थितिक-तंत्र में उत्पादक, उपभोक्ता, एक क्रम में व्यवस्थित रहते हैं। इस शृंखला में प्रत्येक स्तर को पोष-स्तर (Trophic level) कहते हैं। एल्टन (Elton, 1927) के अनुसार, प्रकृति में प्रायः भोजन शृंखला में चार या पाँच से अधिक कड़ियाँ नहीं होती क्योंकि खाद्य पदार्थ (ऊर्जा) एक पोष-स्तर से दूसरे पोष स्तर में जाती है तो उसमें से लगभग 90% ऊर्जा ऊष्मा के रूप में व्यय होकर वातावरण में लुप्त हो जाती है तथा शेष 10% ऊर्जा ही उस स्तर को प्राप्त होती है। खाद्य-शृंखला जितनी लम्बी होगी, सर्वोच्च उपभोक्ताओं के जीवों को ऊर्जा उतनी ही कम मिलेगी।

खाद्य-शृंखला के प्रकार -

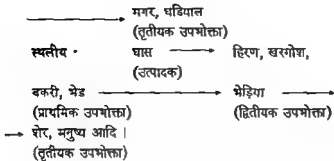
खाद्य-शृंखला तीन प्रकार की होती है -

- 1 परभक्षी (Predator) या शाक्यवर्ती (Grazing)
- 2 परजीवी (Parasitic)
- 3 मृत-जीवी (Saprophytic)

परभक्षी खाद्य-शृंखला -

इस प्रकार की खाद्य-शृंखला हरे पौधे (उत्पादकों) से प्रारम्भ होकर शाकाहारी (प्राथमिक उपभोक्ताओं) जन्तुओं के माध्यम से मांसाहारी (द्वितीयक तथा तृतीयक उपभोक्ता) में समाप्त होती है। यह खाद्य-शृंखला प्रत्यक्षरूप से सौर-ऊर्जा पर आधारित होती है। प्रकृति में अधिकांश इसी प्रकार की भोजन शृंखला पाई जाती है। इस खाद्य शृंखला में प्रत्येक स्तर के साथ परभक्षी के शरीर के आकार में वृद्धि होती जाती है। प्रथम चरण के परभक्षी (प्राथमिक उपभोक्ता), द्वितीय चरण के परभक्षी (द्वितीयक उपभोक्ता) से छोटे होते हैं; अर्थात् इस प्रकार की खाद्य शृंखला हरे पादपों से प्रारम्भ होकर छोटे जन्तुओं से होती हुई बड़े जन्तुओं में जाती है। उदाहरणार्थ -

तालाब में (जलीय)	पादपपत्तक—→ प्राणी पतक (उत्पादक) (प्राथमिक उपभोक्ता)
→	बड़ी मछली (द्वितीयक उपभोक्ता)



परजीवी खाद्य-शृंखला -

यह शृंखला भी शाकाहारी प्राणियों से प्रारम्भ होती है किन्तु इसमें भोजन-ऊर्जा का क्रम बड़े आकार के प्राणियों से छोटे आकार वाले प्राणियों की ओर होता है, अतः बड़े आकार के प्राणी अतिश्रेष्ठ या परपोषी (Host) कहलाता है तथा छोटे आकार के प्राणी परजीवी (Parasite) कहलाते हैं।

मृतजीवी खाद्य-शृंखला -

यह खाद्य-शृंखला मृत गले-सड़े (पादप व जन्तु) कार्बनिक पदार्थों से आरम्भ होकर सूक्ष्म जीवों (कवक व जीवाणु) के माध्यम से अपरद (Detritus) जीवों को खाने वाले (Detritivores) तथा उनका भक्षण करने वाले (Predators) जीवों की ओर बढ़ती है। मृत-पादप पदार्थ (अपरद) एवं उसमें उपस्थित जीवाणुओं का भक्षण करने वाले जन्तुओं को डेट्रीवोर्स (Detritivores) कहते हैं। अतः यह खाद्य-शृंखला अपरद खाद्य-शृंखला भी कहलाती है; उदाहरणार्थ -

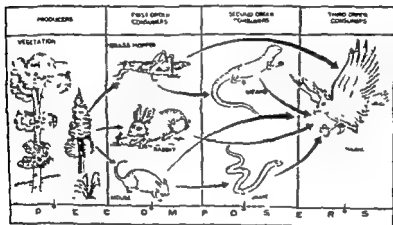
- (i) मृत कार्बनिक पदार्थ (अपरद) - केचुआ → मेढक → सर्प → चिड़िया
- (ii) अपरद - घोघा → झाऊ चूहा → ऊल्लू।

वैसे तो सभी प्रकार की खाद्य शृंखलाएँ निरन्तर चलती रहती हैं किन्तु अपरसी खाद्य-शृंखला वनों तथा घास स्थलीय पारिस्थितिक-तंत्रों में अधिक महत्वपूर्ण है। जलीय या समुद्री पारिस्थितिकी तंत्रों में शाकवर्ती खाद्य-शृंखला का अधिक योगदान होता है।

खाद्य-जाल -

किसी भी पारिस्थितिक तंत्र में वास्तविक रूप से सरल भोजन शृंखलाएँ उपरोक्त उदाहरणों के अनुसार नहीं पाई जाती हैं। वास्तव में किसी भी पारिस्थितिक तंत्र या प्राकृतिकवास में उपस्थित पौधों व प्राणियों में भोजन के दृष्टिकोण से जटिल सम्बन्ध होते हैं, अर्थात् पारिस्थितिक तंत्र में एक से अधिक खाद्य-शृंखलाएँ आपस में किसी न किसी भोजन क्रम में जुड़कर एक जटिल जाल सा बना लेती हैं; जिसे खाद्य-जाल (Food web) कहते हैं। यह खाद्य-जाल एक समुदाय (Community) के सभी जीवों में सम्बन्ध स्थापित करता है। इस प्रकार खाद्य-जाल में ऊर्जा का प्रवाह (Energy flow) एक दिशिय (Unidirectional) होते हुए भी कई पथों से होकर होता है। किसी भी पारिस्थितिक-तंत्र में खाद्य-जाल जितना जटिल होगा उतना ही वह तंत्र अधिक स्थायी होगा क्योंकि जटिल

खाद्य जाल में किसी भी उपभोक्ता के लिए अधिक तरह के जीव उपभोग के लिए होंगे। अतः एक तरह के जीव के किसी कारण से कम हो जाने या नष्ट हो जाने से खाद्य-जाल की स्थिरता पर अधिक प्रभाव नहीं पड़ेगा क्योंकि, उसकी पूर्ति उसी स्तर के कोई भी जीव कर देगे। उदाहरणार्थ - घास स्थलीय पारिस्थितिक तंत्र में यदि खरगोशों की संख्या कम होने लगे तो चूहे अधिक संख्या में उत्पन्न होकर खाद्य जाल की अस्थिरता को कम कर सकते हैं। यही कारण है कि अधिक संख्या में वैकल्पिक पथ (Alternative path ways) होने पर खाद्य जाल अधिक स्थिर और समतुलित पारिस्थितिक तंत्र बनाता है।

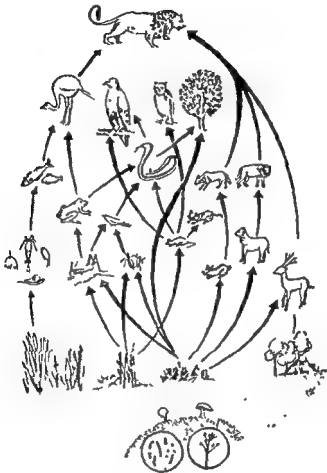


चित्र 4.8 : एक घासस्थलीय पारिस्थितिक तंत्र में खाद्यजाल

पारिस्थितिक स्तूप या पिरामिड -

जैसा कि आप पढ़ चुके हैं कि पारिस्थितिक तंत्र में विभिन्न पोषण स्तर (Trophic levels) होते हैं। इस तंत्र में पादप प्रथम स्तर बनाते हैं, शाकाहारी द्वितीय तथा प्रायदिक मांसाहारी तृतीय पोषण स्तर बनाते हैं। पारिस्थितिक तंत्र के इन विभिन्न जीवीय घटकों के पोषण स्तरों के सम्बन्धों को त्रिभुजाकार पिरामिड द्वारा प्रदर्शित किया जाता है जिन्हें पारिस्थितिक पिरामिड कहते हैं। ब्रिटेन के वैज्ञानिक चार्ल्स एल्टन (Charles Elton, 1927) ने सर्व प्रथम पारिस्थितिक पिरामिड पर प्रकाश डाला। पारिस्थितिक पिरामिड में प्रथम पोषण स्तर (पादप) पिरामिड का आधार बनाते हैं और अन्य स्तर क्रमिक रूप से एक दूसरे के ऊपर स्थित होकर पिरामिड का शीर्ष बनाते हैं। प्रत्येक पारिस्थितिक तंत्र के पिरामिड में जैसे जैसे अग्रसर होते हैं वैसे-वैसे जीवों की संख्या कम होती जाती है तथा अंत में उच्चतम उपभोक्ता (Top consumers) संख्या में कुछ ही रह जाते हैं जैसे शेर, बाज या मगर। ये पारिस्थितिक पिरामिड तीन प्रकार के होते हैं -

- 1 जीव संख्या का पिरामिड (Pyramid of numbers)
- 2 जीव भार का पिरामिड (Pyramid of biomass)
- 3 ऊर्जा का पिरामिड (Pyramid of energy)



चित्र 4.9 : खाद्यजाल का चित्रण

1. जीव संख्या का पिरामिड —

यह पिरामिड भोजन श्रृंखला में विभिन्न पोषण स्तरों में संख्यात्मक सम्बन्ध प्रदर्शित करता है। इस प्रकार के पारिस्थितिक पिरामिड से ज्ञात होता है कि उत्पादक (गैवाल्, हरे पादप) सर्वाधिक संख्या में होते हैं तथा जैसे जैसे उत्पादक से उपभोक्ताओं की तरफ बढ़ते हैं वैसे वैसे जीवों की संख्या कम होती जाती है अर्थात् इस पिरामिड में उत्पादकों

की संख्या सर्वाधिक एवं उच्चतम उपभोक्ताओं की संख्या सबसे कम होती है, अतः यह पिरामिड प्रायः सीधा (Upright) होता है जैसे घास-स्थल या झील के पारिस्थितिक तंत्र में। ऐसे पिरामिड कभी-कभी सीधे न होकर उल्टे भी हो सकते हैं। जैसे -



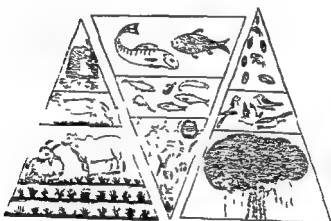
चित्र 4.10 : जीव-संख्या के पिरामिड - बायाँ-घास स्थलीय पारिस्थितिक तंत्र में जीव-संख्या के आधार पर सीधा पिरामिड; मध्य-एक बड़े वृक्ष के पारिस्थितिक तंत्र में जीव-संख्या के आधार पर उल्टा पिरामिड तथा दायाँ-कसल पारिस्थितिक तंत्र में संख्या के आधार पर सीधा पिरामिड

- (अ) परजीवी खाद्य-शृंखला वाले तंत्र में पिरामिड सदैव उल्टा होता है क्योंकि एक पौधा अनेक परजीवियों की वृद्धि के लिये पर्याप्त होता है तथा ये परजीवी अनेक परासुर जीवों (Hyperparasite) को पोषण प्रदान करने में सक्षम होते हैं। अतः उत्पादक से उपभोक्ताओं की संख्या बढ़ती जाती है और पारिस्थितिक पिरामिड उल्टा बनता है।
- (ब) यदि एक विशाल वृक्ष के पारिस्थितिक तंत्र का अध्ययन किया जाये तो ज्ञात होगा कि संख्या के आधार पर इसका पिरामिड भी उल्टा बनेगा क्योंकि एक वृक्ष पर रहने वाली चिड़ियों (Birds) की संख्या अधिक एवं इससे भी अधिक संख्या चिड़ियों पर मिलने वाले परजीवियों की होती है।

2. जीवभार का पिरामिड --

पारिस्थितिक तंत्र में जीवों का इकाई क्षेत्र (Unit area) में सम्पूर्ण शुष्क भार (Dry weight) जीव-भार (Biomass) कहलाता है। किसी भी पारिस्थितिक तंत्र के भोजन शृंखला में प्रत्येक भोजन स्तर के जीवों के पारिस्थितिक सम्बन्ध जीव भार पिरामिड द्वारा

भी दर्शाये जा सकते हैं। प्रत्येक पोषण स्तर (Trophic level) पर उपस्थित जीवों के जीव भार की यदि गणना की जाये तो प्रायः स्थलीय पारिस्थितिक तंत्र के उत्पादक स्तर का जीव भार सबसे अधिक होता है और उच्चतम उपभोक्ता तक प्रत्येक स्तर पर क्रमशः यह कम होता जाता है अतः यह पिरामिड सीधे होते हैं। एक वृक्ष पारिस्थितिक तंत्र का पिरामिड जीव-संख्या के आधार पर उल्टा बनता है वह जीव-भार के आधार पर सीधा होता है किन्तु जलीय पारिस्थितिक तंत्र में जीव भार पिरामिड प्रायः उल्टा बनता है। इसका कारण है कि इस पारिस्थितिक तंत्र में उत्पादकों जैसे शैवाल, पादप-स्तवक आदि की संख्या तो बहुत अधिक होती है परन्तु जीव भार बहुत कम होता है। इस पारिस्थितिक तंत्र में जीव भार प्रथम, द्वितीय, तृतीय अथवा उच्चतम उपभोक्ताओं तक क्रमशः बढ़ता है।

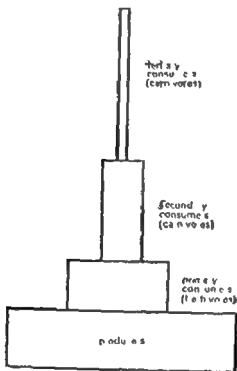


चित्र 4.11 : जीवभार के पिरामिड — बायाँ—स्थलीय तंत्र में सीधा पिरामिड, मध्य—जलीय पारिस्थितिक तंत्र में उल्टा पिरामिड तथा दायाँ—वृक्ष पारिस्थितिक तंत्र में सीधा पिरामिड

3. ऊर्जा पिरामिड —

इस प्रकार के पिरामिड से भोजन शृंखला के प्रत्येक पोषण स्तर में कुल उपलब्ध ऊर्जा का ज्ञान होता है। इसी अध्याय में हम पढ़ चुके हैं कि ऊर्जा एक पोषण स्तर या ऊर्जा स्तर से दूसरे में जाने पर कम होती जाती है क्योंकि वृद्धि एवं स्वागीकरण की क्रियाएँ शत-प्रतिशत दक्ष नहीं होती। किसी एक ऊर्जा स्तर पर संचित ऊर्जा का लगभग दस प्रतिशत ही दूसरे स्तर में जीव भार के रूप में रूपान्तरित होता है। अतः उत्पादकों

से ऊर्जा क्रमशः कम होकर उच्चतम उपभोक्ताओं में सबसे कम हो जाती है। फलस्वरूप ऊर्जा के आधार पर चित्रण किये जाने पर पिरामिड सदैव सीधे बनते हैं। इस प्रकार के पिरामिड बनाने में समय तथा क्षेत्र अधिक महत्वपूर्ण है। एक इकाई समय क्षेत्र (प्रायः प्रति वर्ग मीटर प्रति वर्ष) के आधार पर ही इस प्रकार का पिरामिड बनाया जाता है।



चित्र 4.12 ऊर्जा का पिरामिड

पर्यावरणीय प्रदूषण

(Environmental Pollution)

मानव अपनी दैनिक गतिविधियों द्वारा वातावरण को कई आयामों से हान्यन्तरित करता रहा है। वातावरण में किये गये परिवर्तन उसकी आवश्यकताओं, ज्ञान और मूल्य के परिणाम हैं। औद्योगिक क्रांति, बढ़ती जनसंख्या, अविवेकपूर्ण आर्थिक नीतियाँ, नगरीकरण आदि इन परिवर्तनों की गति को और बढ़ावा दे रहे हैं। स्वाभाविक ही है कि आधुनिक भोग संस्कृति बनाम प्रौद्योगिक संस्कृति (Techno culture) हमारे विनाश का मार्ग प्रशस्त कर रही है। हमारा जैव मण्डल (Biosphere) अब मात्र प्रौद्योगिक मण्डल (Technosphere) रह गया है।

पर्यावरणीय प्रदूषण की विस्तृत विवेचना करने से पूर्व हमें पारिस्थितिकी के एक सामान्य सिद्धान्त को अन्तरगत से आत्मसात करना चाहिए। पर्यावरण की संकल्पना वास्तव में सम्पूर्णता की संकल्पना है अर्थात् पर्यावरण अपने आप में एक इकाई है जो किसी भी घटक के प्रभावित होने पर अप्रभावित नहीं रह सकती। इसे ही पर्यावरण की संकल्पना (Holistic concept of environment) का सिद्धान्त कहा जाता है। वस्तुतः पारिस्थितिकी तंत्र में सभी घटक तथा कारक अन्योन्याश्रित रहते हुए एक निश्चित संतुलन प्रक्रिया में बंधे होते हैं। इसमें न्यूनतम विक्षोभ होने की दिशा में पर्यावरण समस्थिति (Homeostasis) द्वारा नई संतुलन अवस्था कायम कर तंत्र को एक सीमा तक बचा लिया जाता है। इसी तरह पर्यावरण अर्थात् प्रकृति की विभिन्न सामान्य प्रक्रियाएँ मानव की प्रतिक्रियाओं की एक निश्चित सीमा को ही सहन कर सकती हैं। इसे पर्यावरण की धारण क्षमता (carrying capacity) कहा जाता है। वास्तव में प्रदूषण की वर्तमान विकराल समस्या मुख्य रूप से इन दोनों ही अहम सिद्धान्तों की अवमानना का अहितकारी परिणाम है। प्रदूषण तत्वों की एक निश्चित सीमा में उपस्थिति प्रकृति की सामान्य क्रिया प्रणाली का एक महत्वपूर्ण अंग है जिससे तत्वों का जैव भौम परिसंचरण (Bio-geo-chemical cycle) संभव होता है। कार्बन डाई ऑक्साइड गैस को प्रदूषक भी कहा जा सकता है परन्तु प्रकारांतरापण की क्रिया के लिये यह एक आवश्यक घटक है तथा श्वसन के दौरान उत्पन्न होती है। इसकी अधिकता मनुष्य सहित सभी जीवों के लिये हानिकारक होती है। इस तरह एक तरफ इसका नियंत्रित परिसंचरण पारिस्थितिक तंत्र को स्थायित्व प्रदान करता है तो अनियंत्रित होने पर यह विध्वंसकारी भी हो सकती है अतः प्रदूषक तत्व प्रकृति में सदैव ही उपस्थित रहे हैं जो प्रकृति में स्वजनित अन्तर्क्रियाओं द्वारा आत्मसात कर लिये जाते हैं परन्तु मानव जनित प्रदूषकों ने पर्यावरण की प्रकृति को ही परिवर्तित करने की कोशिश में प्रदूषण की समस्या उत्पन्न की है। पर्यावरण विनाश का कारण तीव्र औद्योगिकरण, नगरीकरण, ऊर्जा और कच्चे माल के पारम्परिक साधनों की कमी, जनसंख्या में अनवरत वृद्धि, प्राकृतिक संतुलनों (जैवमण्डल की स्वनियमन की आन्तरिक क्रिया विधि) के विघटन, विभिन्न प्राणियों व पेड़ पौधों के पोषण साधनों का विनाश और औद्योगिक तथा अन्य प्रदूषकों के उन नकारात्मक परिणामों को बताया जा सकता है जिनमें मनुष्य के आनुवंशिक अस्विकास का खतरा भी सम्मिलित है।

प्रदूषण की परिभाषा :-

वैसे तो प्रदूषण की कोई सर्वमान्य परिभाषा संभव नहीं है क्योंकि एक स्थान का प्रदूषक (प्रदूषण का कारक) अन्य स्थान पर प्रदूषक तत्व नहीं हो सकता है। अमेरिकी राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी (1960) के अनुसार प्रदूषण वायु, जल तथा भूमि के भौतिक (Physical), रासायनिक (Chemical), जैविक (Biological) गुणों में होने वाला अनावश्यक परिवर्तन है जिनके कारण मानव तथा अन्य जीवों, औद्योगिक विकास प्रक्रियाओं, सांस्कृतिक मूल्यों, जीवन की बेहतर दशाओं तथा प्राकृतिक ससाधनों पर हानिकारक प्रभाव पड़ रहा हो या पड़ने की संभावना हो। अन्य परिभाषाओं के अनुसार प्रदूषण मनुष्य की आवश्यक गतिविधियों का अनावश्यक परिणाम है। दूसरे शब्दों में प्रदूषक वे सभी पदार्थ और ऊर्जा हैं जो प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से मनुष्य के स्वास्थ्य और प्राकृतिक ससाधनों पर हानिकारक प्रभाव डालते हैं। अतः प्रदूषक वह कोई भी पदार्थ है जो अनुचित स्थान पर, अनुचित समय पर, अनुचित मात्रा में पाया जाता है। उक्त परिभाषा से स्पष्ट है कि प्रदूषकों की उत्पत्ति मनुष्य की क्रियाओं से होती है। मानव की वांछित गतिविधियों के फलस्वरूप निर्मित वस्तुओं का उपयोग के बाद अपशिष्ट पदार्थों के रूप में त्याग देने या फेंक देने की प्रवृत्ति इस समस्या के मूल में है।

प्रदूषकों का वर्गीकरण :-

प्रदूषण उत्पन्न करने वाले कारक पदार्थों को प्रदूषक (Pollutants) कहा जाता है। प्रदूषक तत्वों को कई तरह से वर्गीकृत किया जाता है। प्रदूषकों की प्रकृति के अनुसार इन्हें एकत्रित पदार्थों जैसे गैसें, ठोस, कृषि प्रदूषक, विकीरण प्रदूषक, तेल प्रदूषण, ताप, ध्वनि आदि प्रकारों में विभक्त किया जा सकता है। पारिस्थितिकी तंत्र में स्थिति के आधार पर ओडम (1971) ने प्रदूषक तत्वों को दो वर्गों में विभाजित किया है।

1. जैव विघटनीय प्रदूषक (Bio-degradable pollutants) : वे प्रदूषक तत्व जो सामान्य जैविक क्रियाओं द्वारा आसानी से विघटित होकर सरल तत्वों में परिवर्तित होकर जैव-भौम परिसंचरण (Bio-geo-chemical cycle) पथ में सम्मिलित हो जाते हैं। ये पदार्थ तभी प्रदूषक होते हैं जब इनकी मात्रा इतनी अधिक होती है कि ये उचित समय पर विघटित नहीं हो पाते हैं। इस श्रेणी में मलमूत्र, विष, घरेलू अपशिष्ट पदार्थ सम्मिलित हैं।

2. अविघटनीय प्रदूषक (Non degradable pollutants) : वे प्रदूषक पदार्थ जिनका विघटन संभव नहीं होता या आसानी से विघटित नहीं होबे तथा इनका पर्यावरण में संग्रहण होकर खाद्य शृंखला में प्रविष्ट होकर भयंकर प्रदूषण का कारण बनते हैं जैसे — अकार्बनिक कीटनाशी, एल्यूमीनियम, प्लास्टिक, मरकुरस लवण, पारा, लैड, आर्सेनिक आदि।

प्रदूषण के प्रकार :-

प्रदूषण को क्षेत्रों के आधार पर निम्न प्ररूपों में विभक्त किया जाता है।

1. वायु प्रदूषण (Air pollution)
2. जल प्रदूषण (Water pollution)

- 3 मृदा प्रदूषण (Soil pollution)
- 4 ध्वनि प्रदूषण (Noise pollution)
- 5 उष्मा प्रदूषण (Thermal pollution)
- 6 ठोस अपशिष्ट प्रदूषण (Solid waste pollution)
- 7 रेडियो धर्मी प्रदूषण (Radioactive pollution)

वायु प्रदूषण (Air pollution)

पृथ्वी के चारों ओर फैले वायुमण्डल में मुख्यतः लगभग 78% नाइट्रोजन, 21% आक्सीजन, 0.32% कार्बन डाई ऑक्साइड, 0.034% आर्गन तथा शेष में हाइड्रोजन, हिलियम, नियोन, क्रिप्टन, जिन्नॉन तथा जल वाष्प होते हैं। इनमें नाइट्रोजन, नियोन, हिलियम, आर्गन, क्रिप्टन और जिन्नॉन निष्क्रिय (Inert) तथा अविषाक्त गैसें हैं। वायुमण्डलीय आवरण सूर्य तथा अन्य अंतरिक्ष पिण्डों से आने वाली हानिकारक किरणों पर नियंत्रण रखता है। वायुमण्डल के अभाव में जीवन के लिये परमावश्यक अनेक जलवायवीय क्रियाएँ सम्भव नहीं हो सकती जैसे वर्षा का होना, हवा का बहना, बर्फ का गिरना, इत्यादि। जहाँ समताप मण्डल (Stratosphere) में फैली ओजोन हमारी त्वचा की कोशिकाओं को नुकसान पहुँचाने वाली पराबैंगनी किरणों (Ultra violet radiation) को अवशोषित कर लेती है वहीं क्षोभमण्डल (Troposphere) में फैली कार्बन डाई आक्साइड दृश्य प्रकाश को तो पृथ्वी पर आने देती है परन्तु उष्णीय अवरक्त किरणों को अवशोषित कर हरित प्रह प्रभाव (Green house effect) पैदा करती है। दैनिक जीवन में जीवाश्म ईंधन (Fossil fuel) के जलाने से सल्फर डाई आक्साइड और नाइट्रोजन ऑक्साइड की मात्रा बढ़ती है जो वातावरण की नमी के सम्पर्क में आकर क्रमशः सल्फ्यूरिक अम्ल तथा नाइट्रिक अम्ल में परिवर्तित होकर अम्लीय वर्षा (Acid rains) का कारण बनती है। वायुमण्डल में इन गैसों की मात्रा लगभग निश्चित रहती है। नाइट्रोजन, आक्सीजन व कार्बन डाई आक्साइड की मात्रा इतनी अधिक है कि जीवों के लिये इसकी कमी मालुम नहीं होती साथ ही इनकी मात्रा में होने वाले थोड़े बहुत परिवर्तनों का भी कोई विशेष प्रभाव नहीं होता सुविधा के लिये वायु प्रदूषकों को दो भागों में विभक्त किया जाता है।

- (1) गैसीय प्रदूषक (Gaseous pollutant)
- (2) कणयुक्त प्रदूषक (Particulate pollutants)

(1) जहरीली गैसें :-

यद्यपि अधिकांश वायु प्रदूषण मानव जनित होता है तथापि न्यून मात्रा में प्राकृतिक कारणों से भी वायु प्रदूषण होता है। श्वसन, अपघटन, आघी, तूफान के कारण उड़ती धूल, वनों में लगी आग से उत्पन्न धुआँ, कोहरे, और सक्रिय ज्वालामुखियों से उत्पन्न गैसों के अतिरिक्त हानिकारक गैसों की सर्वाधिक मात्रा मनुष्य की गतिविधियों से उत्पन्न होती है। इनमें जीवाश्म ईंधन, खनिज तेल और कार्बनिक पदार्थों के ज्वलन का सर्वाधिक योगदान रहता है। अनुमान है कि विभिन्न ईंधनों के जलने से प्रतिवर्ष 3.0×10^8 टन कार्बन मोनो आक्साइड (CO), 7.9×10^7 टन SO_2 , 2.5×10^7 टन धुआँ और 9.3×10^9 टन CO_2 उत्पन्न होते हैं। एक अनुमान

के अनुसार केवल दिल्ली में ही लगभग दस लाख वाहनों से प्रतिदिन 170 टन हाइड्रोकार्बन, 80 टन नाइट्रोजन आक्साइड और 2 टन सल्फर डाइ आक्साइड वायुमण्डल में छोड़ी जाती है जो सास के साथ ही शरीर में प्रवेश कर जाती है। अकेले लंदन के हीथरो हवाई अड्डे पर वायुपानों के आवागमन से प्रतिवर्ष 10,000 टन CO, 4000 टन हाइड्रोकार्बन, 400 टन नाइट्रोजन के आक्साइड और 100 टन महीन कण वायु में मिलते हैं। बम्बई में रोज लगभग 1500 से 2000 टन प्रदूषित तत्व वायुमण्डल में छोड़े जाते हैं। मथुरा स्थित तेल शोधक कारखाने से निकलने वाली दूषित वायु से विश्व प्रसिद्ध ताजमहल का रंग भी पीला पड़ता जा रहा है तो मरतपुर स्थित विश्व प्रसिद्ध घना पक्षी विहार भी इससे अछूता नहीं है। कुछ मुख्य प्रदूषक गैसों का यहाँ अलग से विवेचन प्रस्तुत किया जा रहा है।

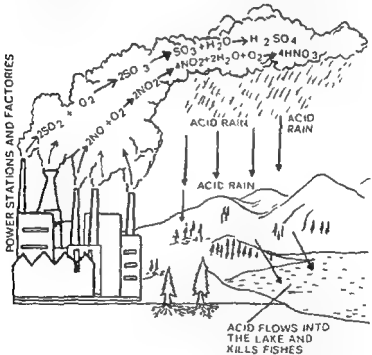
(i) सल्फर डाइ आक्साइड और हाइड्रोजन सल्फाइड : --

सल्फर डाइ आक्साइड मुख्यतः उद्गीसकी शाताब्दी की औद्योगिक क्रांति की देन है। जो ज्वालामुखी के अतिरिक्त खानों से निकले हुए सीसे, जस्ते, लोहे तथा निकल की कच्ची धातुओं को कारखानों में पिघलाने की क्रिया के दौरान आक्सीकरण के फलस्वरूप उत्पन्न होती है। साथ ही साथ कोयले और पेट्रोलियम के जलने से तथा पेट्रोलियम की शुद्धि पर भी इस गैस का प्रचुर मात्रा में उत्पादन होता है। यह एक रंगहीन तीव्र गंध वाली गैस है। प्रथमतः यह गैस हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) के रूप में निकलती है जो वायुमण्डल में क्रिया करके SO_2 बन जाती है। यह गैस जलाशयों द्वारा अवशोषित कर ली जाती है तथा वर्षा के जल के साथ यह भूदा में भी प्रवेश कर जाती है। कुछ गैस जिसका अवशोषण नहीं हो पाता वह वायुमण्डल में आक्सीकृत होकर कम विषाक्त SO_3 का निर्माण कर अन्त में गंधक के अम्ल (H_2SO_4) में परिवर्तित हो जाती है। 5 ppm सान्द्रता होने पर SO_2 से दम घूटने लग जाता है तथा मृत्यु की संभावना रहती है। कोहरे तथा नमीयुक्त हवा में यह गैस गंधक के अम्ल में परिवर्तित होकर और अधिक घातक हो जाती है। वायुमण्डल में इसकी अधिकता पेट्रोलियम शोधक तथा धातु द्रावक कारखानों तथा क्राफ्ट पेपर सयंत्र के आसरास के वायुमण्डल में व्याप्त रहती है।

SO_2 की अधिकता से पीघो में हरित हीनता (Chlorosis) रोग उत्पन्न हो जाता है जिससे प्रकाश सश्लेषण प्रभावित होता है। SO_2 की 0.1 ppm सान्द्रता भी कपास, सेब, जौ, गेहूँ, एल्फ़-एल्फ़ में कुप्रभाव उत्पन्न कर देती है तथा 0.3 ppm की सान्द्रता शकुधारी पादपों को पर्याप्त हानि पहुँचाती है। ब्रायोफ़ाइटा समूह के पीछे इस गैस के प्रति अत्यधिक संवेदनशील है तथा इन्हे इस गैस का प्रदूषक सूचक (Pollution indicator) माना जाता है। लाइकेन भी SO_2 प्रदूषक के सूचक है।

हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) गैस गंदी नालियों व एकत्रित गंदे जल, मृत्यु उपरान्त शरीरों के सड़ने, ज्वालामुखी गैसों, दलदली स्थलों, गंधकयुक्त झरनों से निकलती है। इसकी कम सान्द्रता पर ही सिर दर्द, जी मचलाना, मूर्च्छा आने जैसे रोग हो जाते हैं। अधिक समय तक अनावरण (Exposure) के उपरान्त मृत्यु की संभावना रहती है। अधिक सान्द्रता से श्वसन तंत्र में अत्यधिक प्रभावित होकर मृत्यु का कारण बनती है।

(iii) हाइड्रोजन फ्लोराइड (Hydrogen fluorides) -- ये गैसीय पदार्थ एल्यूमिनियम, स्टील के कारखानों से सर्वाधिक मात्रा में प्राप्त होते हैं। इसके अतिरिक्त अनेक उद्योग-धन्यो जैसे फॉस्फेट ऊर्वरक कारखाने, चीनी मिट्टी के कारखाने, ईट भट्टे आदि से भी यह गैस निकलती है। पौधों पर इसका प्रभाव सर्वप्रथम पत्तियों के किनारों तथा शीर्ष पर हरित हीनता तथा ऊतकों के विघटन (necrosis) के रूप में होती है जिससे उत्पादकता प्रभावित होती है। पत्तियों पर जलने के चिन्ह बन जाते हैं। भोजन के साथ शरीर में पहुँचने पर यह विष का कार्य करते हैं। घास के साथ पशुओं में पहुँचने पर यह अत्यन्त घातक सिद्ध होते हैं। लाइकेन फ्लोराइड के प्रति विशेष संवेदनशील होते हैं। कपास, टमाटर, निम्बू, प्याज आदि फ्लोराइड विषाक्तता के प्रतिरोधी होते हैं।



चित्र 5.1 : फैक्ट्रीयों से वायु प्रदूषण के फलस्वरूप अम्लीय वर्षा

(iii) नाइट्रोजन के आक्साइड : -- विभिन्न नाइट्रोजन युक्त आक्साइडों (N_2O , NO , NO_2 , N_2O_3 और N_2O_5) में नाइट्रस आक्साइड (N_2O), नाइट्रिक आक्साइड

(NO) व नाइट्रोजन डाइ आक्साइड (NO_2) प्रमुख हैं। रगहन NO गैस गैमोलीन (Gasoline) के उब तप पर मोटर वाहनो मे दहन के कारण निर्यात (exhaust) तप पर मोटर वाहना मे दहन के कारण निर्यात (exhaust) पाइन से धुओ के म्य मे तथा नाइट्रिक अम्ल के उत्पादक कारखानो मे वातावरण मे प्रवेश कर रसायनिक क्रिया द्वारा अन्ततः NO_2 , ओजोन (O_3), तथा अन्यन्त विषाक्त परआक्सीएसीटाइल नाइट्रेट (PAN)

$(\text{CH}_3\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COONO}_2)$ का निर्माण करती हैं। नाइट्रोजन के आक्साइडो का सर्वाधिक महत्वपूर्ण प्रदूषक प्रभाव धूम-कोह (smog) के म्य मे होता है। स्मोग शब्द स्मोक (smoke) धुआ तथा फोग (fog कोहरे) के मिलाने से बना है अर्थात् smog (smoke + fog) या धूम-कोह मे जलवायु और धुस के कम वायु मे स्थिर होकर घना आवरण बना देते हैं। कत कारखानो की चिमनिया म विमृत धुआ हवाई जहाजो के निर्यात से निकलने वाला धुआ तथा स्वचालित वाहन मे निक्षतने वाले हाइड्रोजन और नाइट्रोजन आक्साइड सूर्य के प्रकाश मे क्रिया करके नवीन जिवले तत्वो का निर्माण करते हैं जो वायुमण्डल मे तैरते रहते हैं। इस क्रिया को प्रकाश-रसायनिक धूम-कोह (photochemical smog) कहते हैं।

सूर्य का प्रकाश

हाइड्रोजन+नाइट्रोजन आक्साइड $\xrightarrow{\text{पर आक्सी एसीटाइल नाइट्रेट + O}_3}$ पर बैंगनी किरने

इसके अतिरिक्त अन्य धीमिक पर-आक्सी प्राप्तिओनाइल नाइट्रेट (PPN), पर-आक्सी ब्युटीराइल नाइट्रेट (PBN) का निर्माण भी पाया गया है। ये सभी धीमिक वायुमण्डल के उपरी स्तरो मे बनने हैं परन्तु सामान प्रत्यावर्तन के कारण भूमि के नीचले स्तरो मे पहुच जाते हैं। कम सामान वाले प्रदेशो मे यह धूम कोह कई दिनो तक लगातार बना रहता है। जिससे जीवन की भारी हानि होती है। 1952 मे लन्दन धूम कोह के कारण लगभग 12000 व्यक्तियो की मृत्यु हो गई थी। तीव्र औद्योगीकरण के कारण ठण्डे प्रदेशो मे स्मोग की घटनाओ मे अत्यधिक वृद्धि हुई है। PAN के कारण मानव मे श्वास तथा आँखो सबी रोग उत्पन्न हो जाते हैं। PAN 001 ppm मे ही पीषो मे श्वास दर बढ़ जाने तथा प्रकाश मरलेय क्रिया मन्द हो जाने से पीषो की मृत्यु भी हो जाती है। नाइट्रोजन डाइ आक्साइड की अधिकता के कारण केफुडो मे पानी भर जाता है इसे इडेमा (Edema)-रोग कहते हैं। जिसमे मृत्यु की सम्भावना बन जाती है। इस गैस की उपस्थिति मे पत्तियो नष्ट हो जाती है तथा पीषो की वृद्धि रुक जाती है।

(iv) ओजोन : पृथ्वी के उपरी वातावरण मे स्थित ओजोन परत सूर्य से निकलने वाली घातक पैरा बैंगनी किरणो को रोक कर जैवमण्डल को सुरक्षा कवच प्रदान करती है। परती की इस रसा छनरी को बढ़ते CO_2 और क्लोरोफ्लोरो कार्बन (CFC) तथा पान के घेतो से निक्षती मीथेन (CH_4) से भारी सति पहुँच रही है। पृथ्वी के घणतल पर ओजोन प्राय अनुपस्थित ही रहती है। 0.2 ppm तक की O_3 सान्द्रता अपनी आक्सीकारक प्रभाव से तम्बाकू, टमाटर, सेब, चीड़ आदि पीषो की पत्तियो को नष्ट करके पादप वृद्धि को प्रभावित करती है। इससे वनो का रण उड़ जाता है। रबड़ की वस्तुएँ कड़ी होकर

चटक जाती है। 10 ppm की सान्द्रता मनुष्य की श्लेष्मिक दिस्लीयो को प्रतिकूल रूप में प्रभावित करती है।

(i) कार्बन मोनो आक्साइड : CO की सर्वाधिक मात्रा स्वचालित मोटर वाहनो में तेल के जलने से प्राप्त होती है। इसके अतिरिक्त कुछ उद्योग के कारखानो, तेल शोधक कारखानो तथा गर्म मृदा से उत्पन्न होती है। सामान्यतः यह गैस आक्सीजन से संयोग कर अपेक्षाकृत कम विषाक्त CO₂ बना देती है। वायु में इस गैस की सान्द्रता 0.1 ppm होती है। परन्तु मोटर वाहनो से इसकी सान्द्रता 100 से 300 ppm तक पहुँच जाती है। यह मनुष्य के रक्त के हिमोग्लोबिन के साथ क्रिया कर कार्बोक्सी हिमोग्लोबिन बना देती है। जिससे रक्त की आक्सीजन वहन क्षमता कम हो जाती है। इसे हाईपोक्सिया (Hypoxia) कहा जाता है। इस के कारण घुटन बढ़ जाने में मृत्यु हो सकती है। 100 ppm सांद्रता होने पर 1 घंटे में ही सिरदर्द, चक्कर और घबराहट होने लगती है। 800 से 1000 ppm सांद्रता होने पर कुछ ही क्षणों में मृत्यु हो जाती है। CO को श्वास के साथ लेते रहने से श्रवण तथा दृष्टि शक्ति पर हानिकारक प्रभाव पड़ता है। पीछे पर इसकी अधिक सान्द्रता से पतियाँ छोटी हो जाती है। परिपक्व होने से पूर्व ही जीर्णता आ जाती है।

(vi) कार्बन डाइ आक्साइड : पेट्रोलियम तथा ईंधन के जलने एवं जीवों की श्वसन क्रियाओं और अन्य विविध क्रियाओं के परिणामस्वरूप वातावरण में CO₂ गैस मुक्त होती है। सामान्य परिस्थितियों में पेड़-पौधे इसे लेकर आक्सीजन छोड़ते हैं। हालांकि वायुमण्डल में इसका अंश मात्र 0.03% ही है मगर इसके बिना हमारी धरती भी चन्द्रमा की तरह ठंडी हो जायेगी लेकिन इसकी मात्रा बढ़ जाने पर वातावरण के अत्यधिक गर्म होने का अंदेश है। वायुमण्डल में कार्बन की जितनी मात्रा है उससे तीन गुणा अधिक मात्रा पृथ्वी पर पेड़-पौधों व जमीन में संग्रहीत है। ऐसा अनुमान है कि वनस्पति जगत लगभग 2 खरब टन कार्बन संग्रहीत किये हुए है जबकि जमीन में कार्बन की मात्रा वनस्पति से दूगनी है। इस कार्बन की मात्रा में थोड़े से भी परिवर्तन का असर वायुमण्डल में पायी जाने वाली CO₂ पर पड़ता है। औद्योगीकरण के कारण पिछले 100 वर्षों में इसकी मात्रा में 26% की वृद्धि हुई है। जिससे विगत 50 वर्षों में पृथ्वी के औसत तापमान में 10°C की वृद्धि हो चुकी है। संयुक्त राष्ट्र पर्यावरण कार्यक्रम के अनुसार सन् 2100 तक पृथ्वी का औसत तापमान 3°C से 5°C तक बढ़ जाने की सम्भावना है। यह बढ़ा तापमान पिछले एक लाख वर्षों में बढ़े तापमान से कहीं अधिक होगा। जिसके फलस्वरूप पृथ्वी के जलवायु में परिवर्तन होगा और समुद्र का जल स्तर बढ़ेगा। अनुमान है कि बंगलादेश में 13 से 209 से० मी० जल स्तर बढ़ेगा और 34% भूमि जलमग्न हो जायेगी। जिन द्वीपों का घरातल बंगला देश से नीचा है वो भी जलमग्न हो सकते हैं। वस्तुतः CO₂ वायुमण्डल को हरित गृह में बदल रही है। वैज्ञानिकों का मानना है कि हरित गृह प्रभाव और ओजोन परत को क्षति पहुँचाने वाली गैसों की चौकड़ी (मीथेन, नाइट्रस आक्साइड, क्लोरोफ्लोरो कार्बन तथा कार्बन डाइ आक्साइड) में मुख्य दोषी कार्बन डाइ आक्साइड ही है। इसके बढ़ते सकेन्द्रण के कारण वायुमण्डल गरमाने लगा है। जहाँ 1905 में CO₂ की वायुमण्डल में मात्रा 288 ppm (भाग दस लाख आयतन) थी, 1968 में यह बढ़कर 320 ppm हो गई। यह गैस वातावरण में एक चादर सी तान देती है जिससे सौर ऊर्जा

पृथ्वी से टकराकर परावर्तित होने के बाद कैद हो जाती है तथा वायुमण्डल का तापमान बढ़ने लगता है जिससे सभी जीव प्रभावित होते हैं।

(vi) **ईथाईलीन (Ethylene)** : स्वचालित मोटर वाहनों के निर्वात से तथा जीवाश्म ईंधन के अपूर्ण दहन से निकलने वाली इस गैस की अधिकता से श्वसन दर बढ़ जाती है तथा पादप अगो में पूर्ण जीर्णता (Senescence) तथा विलगन (Abscission) का निर्माण होता है। यह गैस ऑरकिड, कपास, फलदार पौधों तथा ग्रीन हाउस फसलों के लिये अत्यन्त हानिकारक है।

(viii) **अमोनिया** : शीत सग्रह (cold storage) के रेफ्रिजरेटो, अमोनियम उर्वरक तथा नाइट्रिक एसिड के निर्माण में इसका प्रमुखतः उत्पादन होता है। इसकी उपस्थिति में पत्तियों व फूलों का रंग उड़ जाता है। जड़ तथा तने की वृद्धि रुक जाती है। फल समय पूर्व पक जाते हैं। बीज अकुरण कम हो जाता है, सेब की फसल अत्यधिक प्रभावित होती है।

2. कण युक्त पदार्थ :--

उपर्युक्त गैसीय वायु प्रदूषकों के अतिरिक्त विभिन्न आकार के कण भी वायु में तैरते रहते हैं। इनमें पराग कण, खनिज कणों के अतिरिक्त कार्बनिक और अकार्बनिक पदार्थ भी होते हैं। अत्यधिक ज्वलन के कारण कार्बन के सूक्ष्म कण, खदानों, पहाड़ों में पत्थर की खुदाई, कटाई, चिसाई, आधी तुफान, लकड़ी उद्योग में उत्पन्न धुआँ, गुजरात, पंजाब, महाराष्ट्र के वख उद्योग में उत्पन्न धूल और कई महीने 2 कण वायुमण्डल में लगातार पहुँचते रहते हैं। इन कणों में 3μ से बड़े आकार के कण श्वास नलिका के रोगों द्वारा फेफड़ों में जाने से रोक लिये जाते हैं लेकिन पत्थर की खदानों तथा धूल भरे वातावरण में करने वाले श्रमिकों के फेफड़ों में कई ग्राम कण प्रतिवर्ष श्वास के जरिये पहुँच कर कुपिकाओं (alveoli) में सुजन व घाव उत्पन्न कर देती है जिससे आक्सीजन का परासरण प्रभावित होता है तथा यक्ष्मा (TB) जैसे रोगों का जन्म होता है। परागकणों, सिमेन्ट की अन्य धूलकण व धूल आदि का सामान्य प्रभाव एलर्जी उत्पन्न करता है जिसमें सामान्यतया बचाव ही उपयोगी होता है। वातावरण में धूल के छितरा जाने तथा पत्तियों पर जमा हो जाने से प्रकाश संचलन की क्रिया प्रभावित होती है। शीतोष्ण क्षेत्रों में कोहरे का निर्माण होकर प्रकाश की उपलब्धता कम हो जाती है। सिलिका (पत्थर खदान, ईंट भट्टा उद्योग) कपास (वख उद्योग), एस्बेस्टस, लोहा, कोयला, गन्ना, जूट आदि के उद्योगों में कार्यरत मजदूरों में सामान्यतया क्रमशः सिलिकोसिस, बाईसिनोसिस (Byssinosis), एस्बेस्टोसिस, मिडोरोसिस, एन्ड्रेकोनोसिस, बेगेसोसिस, न्यूमोकोनियोसिस तथा ब्रोकाइटिस (Bronchitis) आदि रोग उत्पन्न हो जाते हैं। इन कणों के अलावा रोगाणुनाशक (Pesticide), शाकनाशक (Herbicide) तथा कीट नाशक (Insecticide) रसायनों, आर्सेनिक, सीसा, केडमियम, पारा, निकल आदि के कण भी वायु में उपस्थित रहते हैं। केडमियम की 1 ppm से भी कम मात्रा मछलियों के लिए घातक है। इस की सूक्ष्म मात्रा भी मनुष्य के यकृत, वृक्क, हृदय, मूत्रनलिकाओं तथा रक्त संचार पर घातक प्रभाव डालती है। पारा मानव शरीर में खाद्य श्रृंखला के माध्यम से पहुँचता है। इस का प्रभाव स्नायु तंत्र (Nervous system) पर होता है। पक्षियों में इसका प्रभाव प्रजनन पर होता है। इसकी अधिकता के कारण

वशानुगत रोग हो जाते हैं। जापान में मिनामाता रोग इसका उदाहरण है। सीसे का प्रमुख स्रोत स्वचालित वाहनो में पेट्रोल का ज्वलन, बैटरियों, पेन्ट, मुद्रण यंत्र आदि है। इसका मुख्य प्रभाव रक्त में हिमोग्लोबिन सञ्श्लेषण तथा एन्जाइमो तथा गुर्दे पर होता है। बेन्जोपाइरीन नामक विषाक्त कार्सिनोजेनस पदार्थ की उत्पत्ति मोटर गाडियो के निर्वात पम्प से निकलने वाली गैसों, तन्बाकू के धुएँ तथा औद्योगिक सयंत्रों से होती है। मैक्सिको शहर में श्वास लेना ही दो पैकेट सिगरेट प्रतिदिन पीने के बराबर है। देहरादून के पेट्रोलियम संस्थान के अनुसार वाहनो द्वारा प्रदूषण इसी गति से होता रहा तो 1991-92 में मुम्बई के मोटर वाहन लगभग 1,07,000 टन CO, 37,000 टन हाइड्रोकार्बन प्रतिवर्ष वातावरण में छोड़ेंगे तथा सन् 2000 तक यह मात्रा 1,85,000 टन CO तथा 69,300 टन हाइड्रोकार्बन हो जाएगी।

(तालिका 1)

मुख्य वायु प्रदूषक	कुछ सम्भावित रोग	प्रमुख उद्योग
1 धुएँ एवं धूल के कण	खासी, दमा, तपेदिक इत्यादि	खनिज एवं पेट्रोलियम ईंधन, खनन एवं धातुकर्म क्रियाएँ, कोकओवन, होटमिक्स सयंत्र, स्टील और फ़ाउन्ड्री उद्योग, तापीय विद्युतघर
2 कार्बन मोनो आक्साइड	सिर दर्द, चक्कर, घुटन	खनिज एवं पेट्रोलियम ईंधन, कोक ओवन, होटमिक्स सयंत्र, स्टील और फ़ाउन्ड्री उद्योग
3 सल्फर डाइ आक्साइड	फेफड़े व आखों के रोग	कोयला और पेट्रोलियम ईंधन, गंधक का तेजाब बनाने का सयंत्र, तापीय विद्युतघर, पेपर तथा लुगदी उद्योग
4 नाइट्रोजन के आक्साइड	फेफड़े व आखों के रोग	उच्च ताप पर आक्सीजन और नाइट्रोजन का दहन, खनिज एवं पेट्रोलियम ईंधन
5 हाइड्रोजन	सास रोग	रेयन (कृत्रिम) उद्योग, पेपर तथा लुगदी उद्योग, पेट्रोलियम शोधन
6 हाइड्रोजन क्लोराइड	गुर्दा रोग	नमक का तेजाब बनाना, कास्टिक सोडा सयंत्र
7 क्लोरीन	फेफड़ों के रोग	कास्टिक सोडा उद्योग, कीटनाशक उद्योग, पेपर एवं लुगदी उद्योग
8 क्लोरीन व फ्लोराइड	फ्लोरोसिस दन्त रोग	रासायनिक उद्योग (फ़ोस्फ़ोरस युक्त रासायनिक उर्वरक)
9 हाइड्रोजन फ्लोराइड	दन्त रोग	इलेक्ट्रोप्लेटिंग

10	अमोनिया	श्वसन रोग	रासायनिक उद्योग (नाइट्रोजन युक्त रा० उर्वरक) पेट्रोलियम उद्योग एवं शोधन
11	पोलीसाइक्लिक एरोमेटिक	कैंसर, आनुवांशिक प्रभाव	वार्निश एवं रंग उद्योग, कार्बन ब्लैक, कचरा दहन, होटमिक्स समयत्र, रासायनिक उद्योग
12	हाइड्रोकार्बन (पी० ए० एच०)	धूम, धूध	एल्यमीनियम उद्योग, कोक ओवन
13	फ़र्मैल्डहाइड और स्टाइरीन	श्वसन रोग	मोटर वाहन
14	पोलीक्लोरीनेटीड	कैंसर, आनुवांशिक प्रभाव	कचरा दहन, खनिज व पेट्रोलियम ईंधन
15	सायनाइड	विषैला प्रभाव, चर्म रोग	रासायनिक उद्योग, इलेक्ट्रोप्लेटिंग, कीटनाशक उद्योग
16	फ़िनोल	श्वसन रोग	पेट्रोलियम, कोक ओवन और कोल कार्बोनाइजेशन, कीटनाशक एवं रासायनिक उद्योग
17	कीटनाशक पदार्थ (डी० डी० टी०) बी० एच० सी०, मेलासिपयान, पेराथियान, मिथाईल आइसोसायनेट (मिक) थासेबिन, 2,4-डी, फ़ोरेट, ऐन्डोसल्फ़ान आदि	चर्म रोग, फेफड़े, पेट और हृदय रोग, अनिद्रा	कीटनाशक उद्योग
18	भारी धातुएं (लोहा, जस्ता, तांबा, सीसा, क्रोमियम, आर्सेनिक, केडमियम आदि	हृदय और मस्तिष्क गुर्दे के रोग, जोड़ों का दर्द, चर्म रोग	खनन एवं धातुकर्म सक्रियाएँ, इलेक्ट्रोप्लेटिंग, तापीय विद्युत उत्पादन, दवाई उद्योग
19	सिलिका	सिलिकोसिस, तपेदिक, एस्वेस्टोसिस, कैंसर	स्टेन क्रशिंग, स्लेट एवं पेन्सिल उद्योग, एस्वेस्टस उद्योग
20	एस्वेस्टस	"	"
21	जिक आक्साइड व ऐन्टीमनी	खराश, बेसेरी, उबकाई	दियासलाई उद्योग
22	मर्करी (पारा)	गुर्दे, हृदय तथा मस्तिष्क रोग	कास्टिक सोडा, रासायनिक दवाई उद्योग

न स्वास्थ्य सेवा, पेयजल मानक (Drinking water standards)

जल की जीवो व मनुष्य के लिए आवश्यकताओं के बारे में कुछ कहना व्यर्थ ही है। सर्वविदित है कि जल जीवों का जीवन है। भारत की प्राचीन दार्शनिक परम्पराओं के अनुसार जिन पाँच मूल भूत तत्वों (पाँच तत्व - पृथ्वी, अग्नि, आकाश, वायु तथा जल) की परिकल्पना की गई है। उनमें जल भी एक है। इन महाभूतों का परस्पर गहरा सम्बन्ध प्राकृतिक साधनों और ऊर्जा के स्रोतों से है। जल पर्यावरण का प्रमुख घटक है और जलवायु का निर्धारक अंग भी है। मनुष्य की जल पर निर्भरता अन्य सभी जीवों से कहीं अधिक है परन्तु यदि जल की उपलब्धता को देखें तो हमें ज्ञात होगा कि कुल पानी का 4% भाग ही पृथ्वी पर उपस्थित है शेष भाग समुद्रों में है जो जन सामान्य के उपयोग का नहीं है। पृथ्वी पर उपलब्ध जल का केवल 0.3% भाग ही साफ, शुद्ध तथा अलवणीय है। जिस पर सारी दुनिया निर्भर करती है। जल सर्वोत्तम वितायक है और रोगों की घटनशीलता के कारण और अधिक महत्वपूर्ण है। इसके अलावा जल के अपने ताप सन्धी कुछ विशेष गुण हैं जिसके कारण तापमान में शीघ्र परिवर्तन नहीं आने देता जैसे अधिक विशिष्ट उष्मा, अधिक गुप्त उष्मा और 4°C पर सबसे अधिक घनत्व आदि।

तीव्र गति से बढ़ती जनसंख्या तथा विकास की विभिन्न प्रक्रियाओं में पानी की खपत लगातार बढ़ती जा रही है। परिणाम स्वरूप शुद्ध पानी कम होता जा रहा है। औद्योगिक देश विकासशील देशों की तुलना में 20 गुना अधिक पानी खर्च करते हैं। आदि काल से मनुष्य अपने और पालतु पशुओं के अपशिष्ट पदार्थों को जल में प्रवाहित करता रहा है जहाँ सूक्ष्म जीवों (जीवाणु, बाइरस आदि) और जल में घुली ऑक्सीजन द्वारा उनका अपघटन होता रहा था। लेकिन जल में ऑक्सीजन की विलेयता निश्चित मात्रा में ही हो पाने के कारण जब रसायनों और कार्बनिक पदार्थों की अत्यधिक मात्रा जल में डाली गई तो प्रदूषण की समस्या उत्पन्न हो गई। यहाँ हम प्रदूषण को अति का पर्याय भी कह सकते हैं। क्योंकि जल में उपस्थित CO_2 , O_2 आदि गैसें बहुत महत्वपूर्ण हैं परन्तु इनकी अधिकता या कमी पौधों, प्राणियों और मनुष्य सभी के लिए हानिकारक होती है। अधिक आक्सीजन की उपस्थिति से आक्सीकरण और धातुओं के आक्साइडों के बनने में हानि होती है। अतः प्रदूषण की उपस्थिति सर्वथा नई नहीं है। केवल मनुष्य की जनसंख्या वृद्धि, उसके परिणाम स्वरूप बढ़ती विविध गतिविधियों और पर्यावरण में उत्पन्न विषोम और औद्योगीकरण ने प्रदूषण की मात्रा और संख्या में वृद्धि करके मनुष्य के स्वयं के अस्तित्व के लिए समस्या उत्पन्न की है।

(तालिका 2)

क्र० स०	जल प्रदूषक	कुछ संभावित रोग	स्रोत
1.	घुलनशील व अघुलन- शील अकार्बनिक तथा कार्बनिक पदार्थ	पाचन-तंत्र विकार	लगभग सभी जल प्रयोग में लाने वाले उद्योग
2.	सोडियम व पोटाशियम	विषैले प्रभाव	कास्टिक सोडा उद्योग, चूटानो का क्षरण
3.	कैल्शियम व मैगनीशियम सल्फेट	आंतों में जलन	रासायनिक उर्वरक एवं अन्य उद्योग, कीटनाशक उद्योग
4.	क्लोराइड	गुर्दे के रोग	कास्टिक सोडा उद्योग, वस्त्र उद्योग, रजक (ब्लीचिंग पाउडर) उद्योग, चमड़ा उद्योग
5.	सल्फाइड	श्वसन रोग	पेट्रोलियम रासायन व शोधन, मयुक्त ऊनी मिल, कपड़ा उद्योग
6.	फ्लोराइड	फ्लोरोसिस	फ्लूस्फेटयुक्त रासायनिक उर्वरक, धातुकर्म, इलेक्ट्रोप्लेटिंग कीटनाशक व दवाई उद्योग
7.	फास्फेट	गुर्दे के रोग, भारीयन	फास्फेटयुक्त रासायनिक उर्वरक, कीटनाशक, पेट्रोकैमिकल्स, धातुकर्म, गर्तीय विद्युत उत्पादन
8.	अमोनिया	विषैले प्रभाव, श्वसन रोग	नाइट्रोजनयुक्त रासायनिक उर्वरक
9.	नाइट्रेट, नाइट्राइट व नाइट्रोजन	बच्चों में मीथेमोग्लो- बिनेमिया, आंतों के रोग	कोक ओवन, पेट्रोलियम, कीटनाशक रासायनिक उद्योग, इलेक्ट्रोप्लेटिंग
10.	यूरिया	पेट विकार	यूरिया उर्वरक उद्योग
11.	फ्रीनोल	श्वसन रोग	कोक ओवन, पेट्रोलियम रासायन तथा शोधन ऊनी मिल, कीटनाशक उद्योग
12.	क्लोरीन	विषैले प्रभाव, फेफड़ों के रोग	कास्टिक सोडा उद्योग, कीटनाशक तथा ब्लीचिंग पाउडर उद्योग, गर्तीय विद्युत घर ,
13.	तेल एवं ग्रीस	पाचन तंत्र विकार	पेट्रोलियम उद्योग तथा शोधन, वस्त्र उद्योग, चमड़ा उद्योग,

		कीटनाशक रासायनिक उद्योग, तापीय विद्युतघर, दवाई उद्योग, खाद्य संसाधन व शीतल पेय उद्योग, वनस्पति घी उद्योग इलेक्ट्रोप्लेटिंग उद्योग, रासायनिक व कीटनाशक उद्योग, कोक ओवन संयुक्त रासायनिक ऊर्बरक उद्योग, पेट्रोलिएम उद्योग
14	सायनाइड	विषैले प्रभाव चर्म रोग
15	आर्सेनिक	जोशे के दर्द, गुर्दे व हृदय रोग
16	पारा	हृदय, गुर्दे व तंत्रिका के रोग
17	टिन व मेगनीज	भारीपन, गुर्दे के रोग
18	कैडमियम, निकल	जोशे के दर्द, गुर्दा व हृदय रोग
19	जस्ता	भारीपन, गुर्दे के रोग
20	तांबा	भारीपन
21	क्रोमियम	क्रोम अलर
22	सीसा (लेड)	जोशे के दर्द, गुर्दे व हृदय रोग
23	बोरोन	उत्तर विजार
24	लोहा	भारीपन, गुर्दे के रोग
25	टेन्टिन	जर्द रोग, पेट रोग
26	रक्त व रक्तक	जर्द रोग, पाचन तंत्र विकार
27	कीटनाशक पदार्थ जैसे डी० डी० टी०, बी० एच० ए०, इन्डोसल्फेन, सोजिन (निक)	चर्म रोग, अनिद्रा सिर और जोशे ने दर्द, गुर्दे, फेफड़े तथा हृदय के रोग
		कीटनाशक उद्योग तापीय विद्युतघर, दवाई उद्योग, खाद्य संसाधन व शीतल पेय उद्योग, वनस्पति घी उद्योग इलेक्ट्रोप्लेटिंग उद्योग, रासायनिक व कीटनाशक उद्योग, कोक ओवन संयुक्त रासायनिक ऊर्बरक उद्योग, पेट्रोलिएम उद्योग
		कीटनाशक व रासायन तथा दवाई उद्योग, नाइट्रोजनयुक्त रासायनिक ऊर्बरक उद्योग, पेट्रोरासायन उद्योग कास्टिक सोडा, कीटनाशक, पेट्रोरासायन
		कीटनाशक उद्योग
		विद्युत लेपन (इलेक्ट्रोप्लेटिंग)
		विद्युत लेपन, कीटनाशक, तापीय विद्युतघर धातुकर्म क्रियाएँ । विद्युत लेपन कीटनाशक, धातुकर्म क्रियाएँ
		विद्युत लेपन तापीय विद्युतघर, उन मित, नाइट्रोजनयुक्त रासायनिक ऊर्बरक, चर्म उद्योग, पेट्रोरासायन
		विद्युत लेपन, पेट्रोरासायन, तापीय विद्युत उद्योग
		चर्म उद्योग
		धातुकर्म क्रियाएँ
		घर व चर्म उद्योग
		कीटनाशक उद्योग

जल प्रदूषण के स्रोत (Sources of water pollution)

जल में प्रदूषण सामान्यतया दो प्रकार से होता है ।

(i) प्राकृतिक स्रोत द्वारा (Natural Sources)

(ii) मानवीय प्रवृत्ति द्वारा (Human Sources)

(i) प्राकृतिक स्रोत द्वारा :-- प्राकृतिक स्रोत में भूस्तरण, खनिज पदार्थों, पौधों की पत्तियों एवं ह्यूमस पदार्थ तथा जीवों के मल मूत्र इत्यादि से मिलने के कारण होता है अत्यधिक मंद गति के कारण इसके कोई गंभीर परिणाम परिलक्षित नहीं होते हैं । प्राकृतिक जल प्रदूषण की मात्रा मानव जनित प्रदूषण की तुलना में नगण्य है ।

(ii) मानवीय स्रोत :-- जल के प्राकृतिक स्रोत जैसे नदी, सरने, नाले, तालाब, आदि में स्वतः स्वच्छीकरण की प्रक्रिया प्राकृतिक रूप से चलती रहती है । वस्तुतः द्वितीय विश्व युद्ध के बाद से मुख्यतः तीव्र औद्योगिकरण, शहरीकरण, तकनीकी विकास तथा विविधीकरण ने जल प्रदूषण की समस्या को और गंभीर बना दिया है । लगभग सभी उद्योग अपना अपशिष्ट नदियों तथा झीलों में ही त्यागते हैं । मानव जनित जल प्रदूषण प्रमुखतः निम्न अपशिष्ट युक्त बहिःस्रावों के जल में मिलने से होता है ।

- 1 घरेलू बहिःस्राव (Domestic effluent)
- 2 बाहितमल (Sewage)
- 3 औद्योगिक बहिःस्राव (Industrial effluent)
- 4 कृषि बहिःस्राव (Agricultural effluent)
- 5 उष्णीय या तापीय प्रदूषण (Thermal pollution)
- 6 तेल प्रदूषण (Oil pollution)
- 7 रेडियोधर्मी अपशिष्ट या अवपात (Radio active waste or fallouts)

1. घरेलू बहिःस्राव :-- दैनन्दिन गतिविधियों जैसे खाना पकाना, नहाना-धोना, अन्य सफाई कार्य आदि के कारण उत्पन्न अपशिष्ट पदार्थ मुख्यतः सड़े फल सब्जी, रसोईघरे से निकली राख, कूड़ा-करकट, अपमार्जक पदार्थ, गदा जल, सॉबिलेट प्रक्षालक (Synthetic detergents) आदि बहिःस्राव के साथ बहा दिये जाते हैं जो अन्ततः किसी भी जल स्रोत में मिलकर प्रदूषण उत्पन्न करते हैं । घरेलू अपशिष्टों से युक्त बहिःस्राव को मलिन जल (Sullage) कहा जाता है । यह गंभीर प्रदूषक नहीं होता है । परन्तु यदि उसमें कीटनाशी तथा प्रक्षालक अधिक मात्रा में उपस्थित होते हैं तो हानि की संभावना बढ़ जाती है ।

2. बाहित मल :-- सामान्यतः बाहित मल में मल-मूत्र (विष्टा) का समावेश होता है । कार्बनिक तथा अकार्बनिक दोनों ही प्रकृति के बाहित मल जल में घूली अथवा निलम्बित अवस्था में रहते हैं । ठोस बाहित मल में कार्बनिक पदार्थों के अधिक्य के कारण मृतोपजीवी तथा रोगकारक सूक्ष्म जीवी - जैसे - बैक्टीरिया, बाइरस, प्रोटोजोआ, इत्यादि तीव्र गति से वृद्धि करते हैं । इस तरह अनुपचारित दूषित बाहित मल मल नालों (Sewers) द्वारा जल स्रोतों में मिलता है तो स्वास्थ्य के लिए गंभीर जल प्रदूषण का कारण बनता है । सूते स्थानों में भी मानव तथा पशुओं द्वारा त्याज्य विष्टा वर्षा के जल के साथ बहकर अन्तोगत्या जल स्रोतों तक पहुँच जाती है । जल के इस प्रकार के प्रदूषण

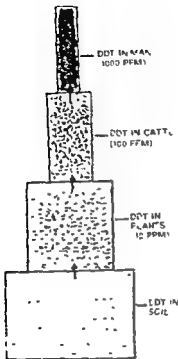
को जैविक स्रूषण (Biological contamination) कहते हैं। प्रदूषण के कारण मृत शैवाली का विघटन नहीं होने से जल में प्रबल दुर्गन्ध उत्पन्न हो जाती है। कुछ पौधों के जल में विघटन होने से विषाक्त स्ट्रीचनीन (Strychnine) की उत्पत्ति हो जाती है। इस तरह के विषाक्त जल के उपयोग से जन्तु व चौपाये जानवरों की मृत्यु हो जाती है। जल के प्रदूषित हो जाने पर अत्यधिक शैवाल वृद्धि होकर जल स्रोत जल झील से पूर्ण रूप से आच्छादित हो जाता है। जिससे पानी में जल जीवों पर विपरीत प्रभाव पड़ता है। सभी सुष्म तथा दीर्घ जीव जल के गुणों को प्रभावित करते हैं जैसे यकृत विकार तथा लकवा सम्बन्धी विषाणु मल में मिलते हैं। इसी तरह रोगजनित जीवाणु सालमोनेली, प्रोटोजन्स-एन्टाम्बीका हिस्टोसाइटिका जिससे दुनिया की 10% जनसंख्या पीड़ित है अमीबोइसीस नामक रोग उत्पन्न करती है गृह मल-मूत्रादि में होते हैं। दूषित जल से पीलिया, हैजा, अतिसार, मलेरिया, पैचीस, मोतीझर, कैसर, नासूर, योलियो आदि रोग उत्पन्न हो जाते हैं। विश्व में प्रतिदिन 45,000 व्यक्ति दूषित जल के उपयोग से मरते हैं। विकासशील देशों में 5 में से 4 बच्चे जल जनित रोग से ग्रसित होकर काल कलवित हो जाते हैं। नागपुर स्थित राष्ट्रीय पर्यावरण अभियांत्रिकी अनुसंधान संस्थान (NEERI) के अध्ययन के अनुसार भारत की 70% जनराशि पीने के लिये अनुपयुक्त है।

3. औद्योगिक बहिःस्राव :- यह जल प्रदूषण का मुख्य कारण है क्योंकि सबसे अधिक जल का उपयोग ये औद्योगिक ईकाईयाँ ही करती हैं। एक सर्वेक्षण के अनुसार अमेरिका में लगभग 225 अरब गैलन प्रतिदिन जल का उपयोग ये उद्योग करते हैं। एक बड़ी पेपर मिल प्रतिदिन लगभग 50,000 व्यक्तियों के उपयोग के पानी को उपयोग कर दूषित कर प्रवाहित कर देती है। दूसरा सिचाई जिसमें लगभग 100 अरब गैलन प्रतिदिन जल का उपयोग होता है जो वहाँ की आबादी के वार्षिक उपयोग का लगभग आधा है। प्रायः विश्व में अधिकांश बड़े शहर तथा औद्योगिक ईकाईयाँ जल स्रोत (नदियाँ) के किनारे स्थित हैं। जल प्रदूषण फैलाने वाले कारखानों में पेपर उद्योग, कपड़ा, शक्कर, रबर, वनस्पति घी, ऊर्वरक व रसायन तैयार करने वाले संयंत्र, स्टील उद्योग, चर्म शोधन, शराब उत्पादन कपड़े रंगने के कारखाने तथा खनन कारखाने सम्मिलित हैं। इस कल कारखानों के अपशिष्टों से कई प्रकार के विषैले रसायन, तेजाब, खनिज, कॉपर, सीसा, पारा, कैडमियम, सायनाइट, फ्लैस्केट आदि नदियों के जल में मिल जाते हैं। ये बहिःस्राव उद्योगों और उपयोगिता प्रक्रमों के आधार पर मिश्रता रखते हैं। इन सभी कारखानों से निकलने वाले बहिःस्राव इतने विषाक्त होते हैं कि वहाँ के जल में किसी भी प्रकार की वनस्पति तथा जीव का प्रादुर्भाव नहीं हो पाता। कागज व दख उद्योग के बहिःस्राव में कार्बनिक पदार्थों की अधिकता होती है तो शराब व प्लास्टिक कारखानों के बहिःस्राव में फिनोल, तथा धातु चमकाने और विद्युत से धातु चढ़ाने वाली ईकाईयाँ (Electroplating plants) के उच्छिद्यों में भारी धातुएँ तथा साइनाइड होते हैं।

4. कृषीय अपजल (Agricultural waste) :- दोष पूर्ण कृषि पद्धतियों तथा हरित क्रांति के नाम पर हमने पश्चिम वालों का अनुकरण कर अपनी अनुभव सिद्ध कृषि पर आधारित जीवन तंत्र को परीक्ष या अपरीक्ष रूप से क्षति पहुँचाई है। कृषि में

अत्यधिक रसायनिक उर्वरका, कीटनाशी, शाकनाशी, कवकनाशी आदि का उपयोग जो अन्ततः वर्षा के साथ बहकर नदियों आदि जल स्रोतों में पहुँचते हैं। जिससे जल के सुपोषक एवं रासायनिक विषकरण का कारण बनते हैं। सर्वप्रथम क्लोरीन युक्त हाइड्रोकार्बन DDT का अविष्कार जर्मन रसायनज्ञ जैडलर (Ziedler, 1974) ने किया था। तत्पश्चात् स्विस् रसायनज्ञ पॉल मूलर (Paul Mullar, 1939) ने इसका कीटनाशी के रूप में निर्माण किया। इसके अतिरिक्त डाइएल्लिन, ऐल्लिन ऐल्लिन, बी० एच० सी०, पैराथियोन, मेलथियोन, लिडेन आदि कार्बनिक पदार्थ प्रायः सुक्ष्म जीवों द्वारा अवशोषित नहीं होते तथा प्राणियों में पहुँच कर वसा में घुलनशील होने के कारण शरीर में एकत्रित हो जाते हैं। पक्षियों में इनका प्रभाव केल्वियम उपापचय पर देखा गया है।

DDT (Dichloro diphenyl trichloroethane) की अधिकता की वजह से पक्षियों के अण्डों का कवच बहुत पतला हो जाता है जिससे अण्डे परिपक्व होने में पूर्व ही टूट जाते हैं। इस समय पृथ्वी के जीवमण्डल में लगभग 5 खरब किलोग्राम डी० डी० टी० संचरित हो रही है। दक्षिण ध्रुव प्रदेशों की सील मछलियों तथा पेन्गुइन में भी डी० डी० टी० की उपस्थिति पाई गई है जहाँ कभी इसका उपयोग हुआ ही नहीं है। इसका कारण इनका पर्यावरण में लम्बे समय तक व्याप्त रहना तथा उच्चतर पोषण स्तरों में क्रमिक संचयन जिसे जैववर्धन या जैविक सान्द्रण अथवा जैविक महतीकरण (Biomagnification) कहा जाता है। मनुष्य अवांछित पौधों के नाश के लिये अनेक अपव्रणनाशी (Herbicides) रसायनों जैसे 2-4-D, (2,4 डाइ क्लोरोफिनोक्सी एसिटिक एसिड), 2, 4, 5, -T (2, 4, 5 ट्राइक्लोरो फिनोक्सी एसिटिक एसिड), पिक्लोराम (Pichloram), क्रैकोडिलिक एसिड (Cracrodilic acid) का उपयोग करता रहा है। जिनका प्रभाव पत्तियों के झड़ने (Defoliation) तथा फ्लोएम (Phloem) ऊतक की अति वृद्धि के रूप में दृष्टिगोचर होता है। प्रकाश सश्लेषण में बाधा पहुँचाने के कारण शाकीय पौधे मर जाते हैं। इनको विषतनाम पुन्ध्र के दौरान व्यापक स्तर पर प्रयोग करके वर्षा बहुत सघन बनने को नष्ट कर दिया गया है। ये रसायन जैव निम्नीकरण (Biodegradation) के अयोग्य होने के साथ-साथ विनाशकारी प्रकृति तथा अधिकांशतः विस्तृत प्रति कक्षशी (Broad spectrum) प्रभाव वाले होते हैं। जो प्रकाश सश्लेषण व वाष्पोत्सर्जन को रोक कर पौधों को नुकसान पहुँचा सकते हैं। इसके अतिरिक्त उर्वरकों द्वारा जल स्रोतों का पोषीकरण (Eutrophication) बढ़ जाता है जो प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से जल की गुणवत्ता को प्रतिकूल रूप से प्रभावित करते हैं। नाइट्रेट उर्वरकों के जल में मिलने तथा नाइट्रेट युक्त जल का मानव द्वारा पेयजल के रूप में उपयोग होने पर आत्र में उपस्थित जीवाणु इन नाइट्रेट को विघटित नाइट्राइट्स में परिवर्तन कर देते हैं जो हीमोग्लोबिन के साथ संयोग कर मेथेमोग्लोबिन (Methaemoglobin) बना देते हैं जिससे मेथेमोग्लोबिनमिया (Methaemoglobinemia) रोग हो जाता है। इसमें शरीर का रंग नीला पड़ जाता है, कैसर रोग भी हो सकता है। फेस्फोरस युक्त रसायनों से मनुष्य में कोलिनेस्टरैज नामक इन्जाइम का सश्लेषण नहीं हो पाता। यह इन्जाइम संवेदन के वाहक का कार्य करता है तथा ऐसे यौगिक मस्तिष्क में निक्षिप्त होकर पागलपन पैदा करते हैं।



चित्र 5.2 : जैविक बढ़तीकरण का चित्रण

5. तापीय बहिःस्राव (Thermal effluent) :- अनेक ऊर्जा उत्पादन तंत्रों विशेषतः ताप विद्युत घटकों के यंत्रों को ठंडा करने के लिए वृद्ध मात्रा में नदी तालाबों के जल का उपयोग किया जाता है। शीतलन की इस प्रक्रिया के लिये प्रयुक्त पानी अपने में बहुत अधिक मात्रा में उष्मा एकत्र कर नदियों के जल क्षेत्र में जाकर जल के तापक्रम को बढ़ाता है। इसका सीधा प्रभाव रासायनिक क्रिया पर पड़ता है। अधिक ताप पर जलीय प्राणियों एवं वनस्पतियों के प्रजनन एवम् वृद्धि की दर बढ़ जाती है। जलशयो के अनुपयोगी पानी में विभिन्न प्रकार के उदासीन लवण अम्ल तथा क्षार होने से पानी का pH बदल जाता है इस अनुपयोगी जल में बिना जला हुआ ईंधन, कीचड़ के रूप में पीसी हुई धातु, कार्बनिक पदार्थ, लौह और एल्यूमिनियम के यौगिक, मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड और कैल्शियम कार्बोनेट इत्यादि भी उपस्थित होते हैं जो जैव रासायनिक आक्सीजन मांग (Biological oxygen demand) को बढ़ाकर जलक्षेत्र के pH को प्रभावित करता है। इसी प्रकार कार्बनिक पदार्थों के सड़ कर इक्का होने से जलीय जीव जन्तुओं तथा वनस्पति के लिए गम्भीर खतरा उत्पन्न हो जाता है। इससे जल की गुणवत्ता पर भी दुष्प्रभाव पड़ता है।

6. तैल प्रदूषण (Oil pollution) :- विभिन्न औद्योगिक बहिःस्राव तथा सामान्यतः दुर्घटनावश नदी या अन्य जल स्रोतों में तैल या तैलीय पदार्थों के मिलने से तैल प्रदूषण होता है। नदियों की अपेक्षा समुद्रों में तैल प्रदूषण की अधिक संभावना रहती

है। सामान्यतया तेल वाहक जहाजों में तेल चढ़ाने तथा उतारते समय, जलयानों द्वारा अपशिष्ट तेल के विसर्जन, तेल कुओं से रिसाव तथा खनिज तेलों के जहाजों में खराबी तथा दुर्घटनावश तेल समुद्र की सतह पर फैल जाता है। समुद्री लहरों के साथ यह तैल समुद्र तट पर पहुँच कर पौधों, प्राणियों और मछलियों की मृत्यु का कारण बनने के साथ-साथ समुद्र तटों को मनुष्य के अनुपयोगी बना देता है। वर्तमान में अनुमानतः विभिन्न कारणों से प्रतिवर्ष पेट्रोलियम के लगभग 50 टन लाख से 1 करोड़ टन उत्पाद समुद्र जल में मिलते हैं। इसी तरह अनुमानतः 1/6 खनिज तेल समुद्र के नीचे की जमीन से निकल रहा है। सन् 1969 में दक्षिणी कैलीफोर्निया के सान्ता बरबारा (Santa Barbara) समुद्र तट के तेल कुएँ से पेट्रोलियम रिसाव से गंभीर तेल प्रदूषण हो गया था। जिससे मुक्ति पाने में वर्षों लग गये। 10 मार्च 1967 को अमेरिकन तेल वाहक जहाज टोरी कन्योन (Torrey Canyon) के इंग्लैंड के दक्षिण पश्चिम तट पर दुर्घटनाग्रस्त हो जाने से समुद्र की जल सतह पर कहीं-कहीं 45cm मोटी तेल की तह बन गयी थी। जिसे नष्ट करने के लिए ब्रिटिश जल सेना ने कई टन बाइट व अपमार्जक प्रयोग किया जिससे जल जीवन की अपार हानि हुई। इसी तरह सन् 1968 में बिहार स्थित बैरानी तेल शोधक कारखाने से तेल रिसाव के कारण भूगर्भ क्षेत्र को कई दिनों तक गंगा की जलपूर्ति रोक दी गई। तथा गंगा में लगभग 5 घंटे पानी में आग लगने का दृश्य उपस्थित हो गया था। 16 सितम्बर 1974 को एक अमेरिकी तेल वाहक ट्रान्स हीरोयन (Trans shuron) लक्षद्वीप के समुद्र में किर्लान द्वीप की एक प्रवाह द्वीप वलय (Atoll) से टकरा कर दुर्घटनाग्रस्त हो गया जिससे उनमें से जाया जा रहा 5000 टन तेल समुद्र में फैलता हुआ केरल के समुद्र तटों तक फैल गया। जुलाई 1976 में एक ग्रीक तेल वाहक जलयान वैरपास के निकट समुद्र में डूब गया था। परिणामस्वरूप भारतीय तट पर कई दिनों तक तैल फैला रहा। इसी तरह अप्रैल 1978 में अमेरिकी तेल वाहक जलयान सीलिफ्ट, मेडिटिरानियन (Sealift mediteranean) सुमात्रा के निकट जलमग्न हो गया था जिसका तैल कई दिनों तक निकोबार द्वीप के समुद्री जल पर तैरता रहा था।

7. रेडियोधर्मी अपशिष्ट (Radio active waste) :- पिछले कुछ दशकों में विश्वभर में विशेषतः विकसित देशों में विभिन्न उद्देश्यों हेतु ऊर्जा प्राप्त करने के लिये नाभिकीय ऊर्जा सम्बन्धी प्रयोग बहुतायत में हुए हैं। इन प्रयोगों के दौरान तथा परमाणवीय सयंत्रों से अनेक रेडियोधर्मी अपशिष्ट पदार्थों से रेडियो न्यूक्लाइड्स उत्पन्न होते हैं जैसे आयोडीन¹²⁹, आयोडीन¹³¹, सीजीयम¹³⁷, स्ट्रोन्शियम⁹⁰, सीरियम¹⁴⁴, कार्बन¹⁴, जीक⁶⁵, क्रिप्टान⁸⁵, आयरन⁵⁹, कोबाल्ट⁶⁰, हाइड्रोजन³ (ट्रिटियम) आदि। रेडियोधर्मी अवपात से निकले रेडियो न्यूक्लाइड्स की अर्ध आयु कुछ सैकण्ड से हजारों वर्षों तक होती है। यदि इनका समुचित समापन नहीं किया जाता है तो गंभीर पर्यावरणीय प्रदूषण हो जाता है। ये रेडियोधर्मी अपशिष्ट खाद्य श्रृंखला द्वारा मानव शरीर में पहुँच कर कैंसर, ल्यूकेमिया जैसे भयंकर रोग तथा उत्परिवर्तन (Mutation) के परिणामस्वरूप वंशानुगत रोग भी हो जाते हैं। इसके अतिरिक्त इन रेडियोधर्मी अपशिष्टों का दुष्परिणाम वृक, तन्त्र, कफड़ी, संवहनीतन्त्र, रक्त ऊतकों तथा जनन ग्रंथी पर भी दृष्टिगोचर हुआ है। सीजीयम¹³⁷ तथा स्ट्रोन्शियम⁹⁰ के लम्बे व गंभीर दुष्प्रभाव होते हैं।

शोर प्रदूषण (Noise pollution)

एक प्रदूषक के रूप में शोर की पहचान अपेक्षाकृत नई है, क्योंकि इसके नकारात्मक प्रभाव बहुत ही सूक्ष्म होते हैं। शोर अमूर्त है, अधिकांश लोगों के लिए सौन्दर्य बोध की दृष्टि से कम आक्रामक और संवेद के लिहाज से कम घृणास्पद लेकिन वैज्ञानिक दृष्टि से यह जीवन के अति महत्वपूर्ण पहलु को प्रभावित करता है। ध्वनि मनुष्य की मुख्य कृति है और मनुष्य ही इससे सबसे अधिक प्रभावित होता है। शोर (Noise) शब्द का उद्गम लैटिन भाषा के नॉसिया (Nausica) से हुआ है। एक अन्तर्राष्ट्रीय नगरीय योजनाकार विक्टर ग्रुएन के अनुसार शोर "मृत्यु का एक धीमा कारक" है। एक अमेरिकी पर्यावरण विद्वान ने भविष्यवाणी की है कि अगर शोर (अवांछित ध्वनि) की दर का वर्तमान स्तर लगातार जारी रहा तो बड़े महानगरीय क्षेत्रों में रहने वाले ज्यादातर लोग सन् 2050 तक बहरे हो जाएंगे।

प्रचलित मानदण्डों के अनुसार शोर को अवांछित ध्वनि के रूप में परिभाषित किया जा सकता है। वस्तुतः शोर एक अवांछित ध्वनि है जिसे अवांछित स्थान और अवांछित समय पर उत्पन्न किया जाता है। शोर और ध्वनि में मुख्य अन्तर तीव्रता का ही होता है। वह कोई भी ध्वनि जो मानसिक क्रियाओं में बाधा उत्पन्न करे शोर में समाहित हो जाती है। ध्वनि स्पष्टतः ऊर्जा का ही एक रूप है।

शोर प्रदूषण में उत्पन्न ध्वनि की उच्च प्रबलता तथा आवृत्ति महत्वपूर्ण होती है। तथा इसे डेसीबल (Decible) या dB में मापा जाता है। इसे डेसीबल मीटर (Decible meter) नामक यंत्र की सहायता से मापा जाता है।

औद्योगिक क्रान्ति की शुरुआत के दौर में शोर केवल कारखानों तक ही सीमित था। आज यह दैनिक जीवन का अनिवार्य हिस्सा बन चुका है। डॉ॰ हेन्रिंग ई. वॉन गीर्के ने जनसंख्या और औसत कोलाहल स्तर के घनत्व के बीच अतिसंबन्ध स्थापित किया है, गैलोवे के सर्वेक्षण के अनुसार अगर जनसंख्या घनत्व प्रति मील 1,000 व्यक्ति है तो दिन और रात का औसत ध्वनि स्तर 52 dB होगा। यह 10 लाख जनसंख्या पर 72 dB के औसत पर पहुँच जाता है। अतः महानगर कोलाहल के केन्द्र बंद गये हैं। 80 dB से ऊपर की ध्वनि को शोर प्रदूषण के अन्तर्गत रखा गया है। शहरी क्षेत्रों में रहने वाले लोग कल कारखानों के शोर के अतिरिक्त पर्यावरणीय शोर के बीच रहते हैं जैसे व्यस्त यातायात क्षेत्र, शहर की भीड़, हवाई जहाज का शोर इत्यादि (तालिका 3)। एक जेट हवाई जहाज उड़ान भरते समय एक बड़े क्षेत्र में 140-150 dB कोलाहल की बम वर्षा करता है। और लगातार 85 dB शोर श्रवणशक्ति को घातक रूप से प्रभावित कर सकता है। शोर एक अद्भुत अन्तर्राष्ट्रीय घटना है। विश्व का लगभग हर शहर शोर संकट से पीड़ित है केवल अमेरिका का मैक्सिस नगर जिसने सबसे शांत शहर का नाम कमाया, एक अपवाद है। भारत में स्थिति निराशाजनक ढंग से दयनीय एवं शोचनीय है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली के अध्ययन के अनुसार मुंबई और दिल्ली जैसे शहरों में दिन के समय सड़क कोलाहल 90 dB तक रहता है और 60 dB से विरल ही कम होता

है। मुम्बई देश का सबसे शोरिलाल नगर है यहाँ दिन-रात औसत कोलाहल स्तर 75 dB है तथा हवाई अड्डे के निकट सबसे ज्यादा 105 dB है। मुम्बई में अगर शोर इसी वर्तमान दर पर जारी रहा तो हम एक साल में कुल एक डी० बी० और जोड़ेगे इस सदी के खत्म होते 2 एक खतरनाक बिन्दु पर पहुँच जायेंगे।

तालिका - 3

विभिन्न स्रोतों से उत्पन्न ध्वनियों की तीव्रता

स्रोत	ध्वनि की प्रबलता (डेसी बल में)	ध्वनि स्तर का प्रभाव
1 सुनी जा सकने वाली सामान्य सीमा	0 dB 20 dB (सैदान्तिक)	शान्त शान्त
2 श्वास क्रिया	10 dB	शान्त
3 रेडियो प्रसारण	20 dB	शान्त तथा मधुर
4 गुप्तगुप्त वार्ता (Soft whisper)	20-30 dB	शान्त तथा मधुर
5 फुसफुसाहट	10-25 dB	शान्त तथा मधुर
6 लाइब्रेरी, रेडियो रिकार्डिंग कक्ष	30-35 dB	मधुर
7 धीमा रेडियो	35-40 dB	मधुर
8 सामान्य वार्तालाप	50-60 dB	सामान्य तेज
9 टेलीफोन	60 dB	सामान्य तेज
10 रेस्टोरेन्ट शोर	60-70 dB	तेज
11 अलार्म घड़ी	70-80 dB	शोर गुल
12 खेलते बच्चे	60-80 dB	शोर गुल
13 व्यस्त बस्तियाँ	80 dB	शोर गुल
14 यातायात शोर	50-90 dB	प्रबल
15 भारी ट्रक (50 फीट दूर)	90 dB	प्रबल
16 मोटर साइकल (25 फीट दूर)	105 dB	असुविधाजनक रूप से प्रबल
17 रेल की सीटी (50 फीट दूर)	110 dB	असुविधाजनक रूप से प्रबल
18 बिजली की कड़क	120 dB	असुविधाजनक रूप से प्रबल
19 जेटप्लान उड़ने समय	150 dB	पीड़ाजनक
20 रॉकेट ईजन ध्वनि (छोड़े जाते समय)	170-180 dB	अत्यन्त पीड़ाजनक

शोर के दुष्प्रभाव :-

सामान्यतः कोलाहल के कुप्रभावों को तीन वर्गों में रखा जा सकता है। शारीरिक, मनोवैज्ञानिक और जीव विज्ञान सबन्धी। इन तीनों वर्गों के प्रभाव व्यापक और विविध हैं। अल्पकालिक और दीर्घ कालिक हैं। ये सारे प्रभाव शोर की आवृत्ति, उसकी अवधि, तीव्रता, प्रकार और अन्य पर्यावरणीय कारणों पर निर्भर करते हैं।

शोर के शारीरिक प्रभावों में श्रवण शक्ति का क्षीण हो जाना या पूरी तरह स्थायी तौर पर समाप्त हो जाना सम्मिलित है। यह शोर की तीव्रता और आवृत्ति पर निर्भर करता है। 100 dB के शोर पर अन्तर्कर्ण (Internal ear) को क्षति पहुँचती है परन्तु 160 dB से ऊपर के कोलाहल पर तो कान की टिम्पेनिक झिल्ली (Tympanic membrane) स्थायी तौर पर फट जाती है। विश्व स्वास्थ्य संगठन के अनुसार ध्वनि की उच्चतम सीमा 35 dB रात्रि में, 45 dB दिन में तथा 80 dB से उच्च ध्वनि तीव्रता शोर प्रदर्शित करती है। तेज ध्वनी और लगातार शोर हृदय की धड़कनों को प्रभावित कर सकता है, रक्त वाहिनियों को संकुचित कर सकता है और उच्च रक्तचाप का कारण बन सकता है। शोर के कारण रक्त संचरण और हृदय रोग की समस्याएँ उत्पन्न हो जाती हैं। इनके अलावा कई अन्य शारीरिक व्याधियाँ जैसे आँसू में छाले, एलर्जी, चबराहट, पाचक रस की कमी, चर्म का पीला पड़ जाना आदि भी पैदा हो सकती हैं। एड्रेनलीन (Adrenaline) की रक्त में मात्रा बढ़ जाने से चेतना पेशीय तनाव बढ़ जाता है जिसका गर्भस्थ शिशु पर भी प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

मनोवैज्ञानिक दुष्प्रभावों के अन्तर्गत अवांछित शोर स्प्रेशन विच्छेदन, कुठा, अपमान, अनिद्रा, व्यग्रता, बैचैनी का कारण बनता है। कोलाहल पूर्व वातावरण में रहने वाले लोग जल्दी थक जाते हैं और क्रोधी तथा चिड़चिड़े हो जाते हैं। विभिन्न अध्ययनों से सिद्ध हो चुका है कि शोरिले वातावरण वाले कारखाने में शांत वातावरण वाले कारखाने की तुलना में ज्यादा दुर्घटनाएँ होती हैं। अत्यधिक तथा लगातार शोर के कारण असहयोग की भावना प्रबल हो जाती है। व्यक्ति क्रोधी, चिड़चिड़ा, असंतुलित और भिन्न हो जाता है। शोर के नकारात्मक मानसिक परिणाम होते हैं जैसे विघ्न, आत्महत्या या हत्या की प्रवृत्ति। शोर में 90 dB से ज्यादा की लगातार आवृत्ति में मनुष्य मनोविक्षिप्त भी हो सकता है।

जहाँ तक कोलाहल के जैविक प्रभावों का सवाल है। यह पाया गया है कि शोर बुढ़िया को बाढ़ बना सकता है। कार्य सबन्धी व्यतिक्रम भी पैदा कर सकता है, यहाँ तक कि नातिश्रम व्यवहार का कारण बन सकता है। दीर्घ कालिक जैविक प्रभावों का सिद्ध होना अभी बाकी है। पौधों पर अभी कोई ऐसे अध्ययन नहीं हुए हैं जिससे शोर के दुष्प्रभावों का पता चलता हो।

प्रदूषण नियंत्रण (Pollution control)

उपरोक्त विवरण से प्रदूषण की विकरालता का सङ्ग ही अनुमान लगाया जा सकता है। आज मनुष्य को इस बात का आभास मिल चुका है कि वह वायु और जल के परिभ्रमण को कभी नियंत्रित नहीं कर सकेगा। प्रदूषण सम्पूर्ण भूमण्डल की सारी कृति है

तो ससाधन विरासत । विश्व भर के जनमानस में इस सम्बन्ध में जागरूकता बढ़ी है । इसी का परिणाम है कि मानव और पर्यावरण के अन्तर्सम्बन्धों को समझने के लिए राष्ट्रीय और अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर अनेक संगठनों का गठन, कानूनों का निर्माण आदि हुआ है । हाल ही में 3-4 जून 1992 में ब्राजील के रियो दि जनेरो शहर में सम्पन्न पृथ्वी शिखर सम्मेलन जिसमें 160 देशों एवम् 137 स्वयं सेवी सस्थाओं ने भाग लिया इसी क्रम की एक कड़ी है । यद्यपि विकसित देशों की तुलना में हमारे यहाँ वायु प्रदूषण की समस्या ने अभी गंभीर रूप नहीं लिया है तथापि केन्द्र सरकार ने 1981 में वायु प्रदूषण निवारण एवम् नियंत्रण कानून लागू किया । समय समय पर, अनेक सुझाव, साधन व निवारण सूत्र प्रस्तुत किये गये हैं । वायु प्रदूषण के नियंत्रण में कुछ सामान्य उपाय तथा साधन, संपन्न निम्नानुसार है ।

- 1 घरे में घुआ रहित ईंधनों के उपयोग को बढ़ावा दिया जाना चाहिये जैसे एल० पी० जी० गैस आदि ।
- 2 कल कारखानों की स्थापना शहर तथा आवासीय बस्तियों से दूर की जानी चाहिये । कारखानों के आसपास सघन वृक्षारोपण किया जाना चाहिये ।
- 3 वाहनों में इस्ट्रोक् इजन की जगह निरापद फोर स्ट्रोक इजन की नवीनतम तकनीक का उपयोग एवम् स्ववर्धन किया जाना चाहिये । जिससे प्रयुक्त ईंधनों का पूर्ण आक्सीकरण हो सके तथा निर्वात नाल पर छत्रा, केटेडिक कन्वर्टर्स, या पश्च ज्वलक (after burner) लगाकर धुएँ व गैस की मात्रा न्यून की जा सके ।
- 4 वाहनों में उपयोग हेतु नये अनुपात का गैसोलीन (Gasoline) तैयार किया जाना चाहिये । अधिक प्रदूषण फैलाने वाले वाहनों को दण्डित कर उनका पंजीकरण रद्द किया जाना चाहिये । साथ ही साथ LPG (Liquefied petroleum gas) पर आधारित इजनों का विकास किया जाना चाहिये जिनका प्रयोग घी बीतर में किया जा सकता है । दक्षिण कोरिया में इस तरह के वाहन सफलतापूर्वक चल रहे हैं ।
- 5 कारखानों से निकलने वाले प्रदूषकों को नियंत्रित करने के लिए निम्न विधियों व समग्रो का उपयोग आवश्यक रूप से किया जाना चाहिये ।

(i) अधिशोषक (Adsorbers) : इसमें छिद्रित सक्रिय कार्बन युक्त उपादान में से उच्च तापमान पर प्रदूषक गैस तथा द्रव कणों को प्रवाहित किया जाता है । गैस अणु छिद्रिय कार्बन सतह द्वारा अधिशोषित कर लिये जाते हैं । इस प्रकार उन्हें वायुमण्डल में जाने से रोक लिया जाता है ।

(ii) अवशोषण (Absorber) : पृथक्करण की इस क्रिया में निःसृत गैस को विभिन्न विलायकों (जैसे अमोनिया) में से प्रवाहित करवाया जाता है । जिसमें प्रदूषित गैस उस विलायक में घुल कर रह जाती है ।

(iii) चक्रवात संग्रहक (Cyclone collector) : अपशिष्ट गैसों व कणों को केन्द्रापसारि (Centrifugal) दाब वाले यंत्र से गुजारने पर अपशिष्ट कणनय पदार्थों का संग्रह कर लिया जाता है ।

(iv) स्थिर विद्युत अवक्षेपक (Electro static precipitator) : सामान्यतया सीमेन्ट व कागज के कारखानों में इस तरह के सयंत्रों का उपयोग किया जाता है। इससे कण युक्त पदार्थों को विद्युत आवेशित कर विपरीत आवेशित इलेक्ट्रोड पर सग्रहीत कर लिया जाता है। यदि धुएँ में विद्युत प्रतिरोधी कण हों तो उन्हें छानक सयंत्रों से प्रवाहित कर अलग कर लिया जाता है।

भारत सरकार द्वारा जल प्रदूषण नियंत्रण के लिए सन् 1974 में केन्द्रीय जल प्रदूषण नियंत्रण मंडल की स्थापना की गई। अब तो प्रायः सभी प्रदेशों में जल प्रदूषण निवारण एवम् नियंत्रण मण्डल बने हुए हैं तथा कानून भी बनाये गये हैं परन्तु केवल कानून के माध्यम से ही हम अपनी प्राकृतिक विरासत को प्रदूषण से नहीं बचा सकते हैं। अब हमें जल प्रदूषण के खिलाफ कानूनी और वैज्ञानिक युद्ध कर देना चाहिए। सद्दूषित जल को प्रायः निम्न तीन विधियों द्वारा सत्कारित किया जाता है।

1. भौतिक विधि (Physical methods) : इसमें बहिःस्त्राव में से अधुलनशील पदार्थों को नियाह कर, प्लवन द्वारा या अन्य भौतिक विधियों द्वारा पृथक् कर लिया जाता है।

2. रासायनिक विधि (Chemical methods) : इसमें औद्योगिक उच्छिष्ट में से रासायनिक पदार्थों व धातुओं को उपयुक्त तकनीक से शुद्ध कर अलग कर लिया जाता है।

3. जैविक विधि (Biological methods) : वैसे तो बहिःस्त्राव में से धूलनशील पदार्थों को पृथक् करना दुष्कर कार्य है परन्तु इसके लिए जैविक विधि सरल एवं सस्ती होती है। अपघटनकारी जीवाणु, कवक आदि अनुकूल पर्यावरणीय दशाओं में पदार्थों को अपघटक कर उन्हें विमुक्त कर देते हैं।

इसके अतिरिक्त निम्न उपाय किये जाने चाहिये जैसे प्रदूषण फैलाने वाली ईकाईयों को सावर्जनिक हम्म में दण्डित किया जाना चाहिये तथा प्रदूषण कर का प्रावधान भी किया जा सकता है। प्रत्येक शहर में मूल उपचार सयंत्र लगाये जायें, तथा आम नागरिक को जल प्रदूषण की भयानकता से अवगत कराया जावे, रेडियोधर्मी विकिरणों से बचने के लिए विश्व स्तर पर परमाणु विस्फोटों पर प्रतिबन्ध तथा अनुसंधान शालाओं में विखण्डन उत्पादों का नियंत्रण अवस्था में प्रबन्ध किया जावे, घरेलू बहिःस्त्राव तथा वाहित मल, औद्योगिक अपशिष्ट, अपमार्जक का असत्कारित अवस्था में सीधे जल स्रोतों में प्रवाह को दृढ़ता से साथ रोका जाये आदि इस समस्या के निवारण में सक्षम हैं। वस्तुतः हमारे पास पर्याप्त वैज्ञानिक अभिज्ञान व कानूनों के होते हुए भी जल प्रदूषण की इस भयानकता के प्रति उदासीनता का कारण प्रमुखतः प्रदूषण और उसके खतरों के प्रति अनभिज्ञता तथा प्रदूषण नियंत्रण में निहित लागत का भय है। अब समय आ गया है जब हमें जल मितव्यवस्था को अपनाते हुए यथार्थ परक राष्ट्रीय जल नीति का निर्माण कर उसे अपनाना चाहिये।

शोर प्रदूषण का 70% विशिष्ट मशीनों, मानवीय व्यवहार और शहर की पुर्नसंरचना द्वारा नियंत्रित किया जा सकता है। शोर प्रदूषण न तो हमारे विधिकर्ताओं न ही योजनाकारों की कार्य सूची में ही है। प्रदूषण के विभिन्न स्वरूप में शोर प्रदूषण ही सबसे ज्यादा

लापरवाही के साथ उपेक्षित किया गया है [तकनीकी आधार पर शोर प्रदूषण नियंत्रण करने के लिए तीन उपाय सुझाये गये हैं]

- (i) स्रोत पर नियंत्रण
- (ii) संचारण को रोकना
- (iii) ग्राही का संरक्षण

इसमें शोर को स्रोत के स्तर पर ही नियंत्रित करना एक सस्ता और बारगर तरीका है ।

शोर के सभी मुख्य स्रोतों के लिए व्यवहार्य और जरूरी उत्सर्जन मानकों का निर्धारण तथा दोषियों के लिए सख्त दण्ड का विधान सार्वजनिक जागरूकता और शिक्षा के लिए सूचना व्यवस्था का एक व्यापक जाल तैयार करना । शोर प्रदूषण नियंत्रण प्रौद्योगिकी विशेषकर परिवहन तंत्र समूह विद्युत और इलेक्ट्रॉनिक प्रयुक्तियों के अनुसंधान और विकास के लिये कोष प्रदान करना । शोरिले वातावरण के चारों ओर सघन वृक्षारोपण करना क्योंकि वृक्ष शोर को अवशोषित कर ऊपर की तरफ विक्षेपित (Diflect) कर देते हैं । शोर स्रोत की ओर छोटे वृक्ष तथा ग्राही की ओर बड़े वृक्ष लगाने से शोर प्रदूषण की तीव्रता में भारी कमी आती है । भवन निर्माण में ध्वनि रोधक या ध्वनि अवशोषक सामग्री जैसे एबोस्टीक टाइल्स का उपयोग किया जाना चाहिये । बारखातों में कार्यरत थमिकों को डाना में प्लग (ear plugs) या कर्ण मफ (ear muffs) पहनना अनिवार्य कर देना चाहिये । योजनाकारों को शहर की स्थलाकृति का लाभ उठाने हुए सार्वजनिक भवनों तथा रिहायशी इलाकों का जंगल उपयुक्त ढंग से नियोजित करनी चाहिये ।

अन्ततः पर्यावरण व इन तमाम प्रदूषणों की जड़ है मानव मन का प्रदूषण । अनुपम मिश्र के शब्दों में सभ्यता ने सभ्यता के पर्यावरण को जंगल बना दिया ।

प्राकृतिक संसाधनों का संरक्षण एवम् प्रबन्ध

(Conservation & Management of Natural Resources)

अतादिकाल से चली आ रही वह मानव सभ्यता आज उन्नति की चरम सीमा पर पहुँच चुकी है। जिसमें एक तरफ हमारी आशा की जागृति हो रही है। वहीं दूसरी तरफ निराशा भी उसी अनुपात में बढ़ती जा रही है। अर्थशास्त्र में मॉलथस के अभाववात्मक सिद्धान्त के अनुसार मनुष्य की आधारभूत आवश्यकताओं में जनसंख्या वृद्धि के अनुरूप बढ़ोतरी होती रहती है। इसके विपरीत इन मूलभूत आवश्यकताओं की आपूर्ति हेतु उत्तरदायी संसाधनों की मात्रा सामान्यतः एक निश्चित सीमा तक सीमित है। विगत कुछ दशकों में मनुष्य (विषम पोषी स्तर का उपभोक्ता प्राणी) ने विज्ञान के क्षेत्र में सर्वतोमुखी उन्नति की है। विज्ञान (Science) और प्राविधिकी (Technology) के सहारे मनुष्य ने अपनी अनवरत बढ़ती जनसंख्या की आवश्यकताओं की पूर्ति के लिये प्रकृति के सभी संसाधनों का दुरुपयोग कर प्रकृति और प्राविधिकी के बीच एक शीत पुख छेड़ दिया है।

आजकल प्रकृति के साथ समाज की अन्तःक्रिया इतनी व्यापक है कि उससे सारी मानव सभ्यता को प्रभावित करने का आसन्न खतरा उत्पन्न हो गया है। जिसे हम पारिस्थितिकी भाषा में पर्यावरणीय संकट (Environmental crisis) कह सकते हैं। इस प्रकार हम देखते हैं कि भौतिक विकास के प्रयास में संसाधन आधार का विनाश हो रहा है। विगत कुछ वर्षों में विश्व जनमत प्राकृतिक संसाधनों के उपयोग और पर्यावरणीय प्रदूषण में संबंधित समस्याओं की ओर तेजी से मुड़ा है। इस सदी की पिछली चीयाई में प्राकृतिक संसाधनों का जितना उपयोग किया गया वह मानव समाज के समस्त पूर्ववर्ती इतिहास के समतुल्य है। ऊर्जा के पदार्थों की खपत तो और भी तेजी से बढ़ी है। प्राकृतिक संसाधनों के इस अबाध नाश न आज ऐसा स्थिति उत्पन्न कर दी है जिसमें भूमि के 2 अरब हेक्टेयर क्षेत्र स निरुद्ध का उपयोग उपरा परत नष्ट हो गई है। आज यह क्षेत्र मनुष्य कृषि योग्य भूमि में बही अधिक है। भारत में भूमि की ऊँचा शक्ति घटने का निरंतर चक्र में मनुष्य ज्यादा है। हजारों एक के दो-तिहाई जंगल काट डाले गये हैं। जनवरों की अनेक जनसंख्या पूरी तरह नष्ट हो गई है। विशेषज्ञों का अनुमान है कि — आजकल जंगल पृथ्वी से लगभग 10 अरब टन विभिन्न अम्ल, ईंधन, ईमारती माल खोदकर निगल जाते हैं और 5 करोड़ टन से अधिक सस्ते पदार्थ उत्पादित किये जाते हैं। भारतीय वन क्षेत्र प्रतिवर्ष 2.0% का दर से तेजी में घटता जा रहा है। उपरोक्त विवेचन एवम् तथ्य स्पष्ट इंगित करते हैं कि बिगड़ते हुए पर्यावरण के लिये हमारी अर्थ एवम् भाग प्रयत्न भौतिकवादी सभ्यता उत्तरदायी है, जिसने मनुष्य को प्रकृति का सहचर होने का वस्तु प्रकृति का स्वामी और विजेता बना दिया, अधिकाधिक भोग की वस्तुएँ दुर्लभ सभ्यता का प्रतीक बिना माना जाता है और इसके लिये प्रकृति के भण्डारों का भ्रमपूर्ण शोषण किया जाता है। यह एक विडवना ही है कि विनो भी विषय के व्यावहारिक रूप में मनुष्य के लिये उसकी उपादेयता की दृष्टि से अज्ञात जाता है। इसी संदर्भ में निम्नलिखित विज्ञान के ज्ञान और विद्वानों का मानव कल्याण में उपयोग की अनुप्राप्त

पारिस्थितिकी (Applied Ecology) कहा जाता है। इसकी एक शाखा के अन्तर्गत प्राकृतिक ससाधनों के संरक्षण व प्रबंध का अध्ययन किया जाता है — संरक्षण पारिस्थितिकी कहलाती है। मानवीय वृद्धि के अविवेकपूर्ण उपयोग से उत्पन्न पर्यावरणीय समस्याओं को सामान्यतः दो भागों में विभक्त किया जाता है प्राकृतिक ससाधनों का ह्रास (Depletion of Natural resources) और दुरुपयोग (Misuse) तथा पर्यावरण प्रदूषण (Environmental pollution) वस्तुतः इन दोनों समस्याओं का पृथक् अस्तित्व बोध नहीं है अपितु दोनों परस्पर अन्तर्व्यपित (Interwoven) हैं।

संरक्षण का भावार्थ

सम्भवतः विश्व में प्रकृति के संरक्षण का आरम्भ सर्वप्रथम ईसापूर्व तीसरी शताब्दी में सम्राट अशोक ने किया था। प्रकृति के महत्त्व को स्वीकारते हुए वन्य जीवन के शिकार पर अकुश और तत्संबन्धी संरक्षण, जो आज भी उनके शिलालेखों के रूप में सुरक्षित हैं। कृष्णावतार में प्रकृति के संतुलन का महत्त्व और ज्ञान निहित है। पंचतन्त्र कथाएँ, हितोपदेश, जातक कथाएँ वन्य जीवन संरक्षण से संबंधित हैं।

संरक्षण शब्द का मूल अंग्रेजी पर्याय कन्वर्वेशन (Conservation) लैटिन भाषा के Con = "Together" अर्थात् साथ तथा Service = "guard" अर्थात् सुरक्षा या रक्षा शब्दों से मिलकर बना है। जिसका तात्पर्य संरक्षण या सुरक्षा प्रदान करने से है। संरक्षण हमें प्रकृति के अनुरूप चलने की शिक्षा देता है, उसके प्राकृतिक नियमन के विरुद्ध नहीं। वह हमें सदैव यह स्मरण कराता है कि हम स्वयं प्रकृति वन्य हैं। संरक्षण आज की कल से जोड़ता है। संरक्षण की परिभाषा तर्कसंगत, न्यायसंगत हितकारी एवम् पर्यावरणीय दक्षता के साथ उपयोग के रूप में की जा सकती है। आज पर्यावरण संरक्षण और विकास को दो विपरीत ध्रुवों के रूप में देखा जाता है। संरक्षणवादियों (Conservationists) को विकास में बाधक के रूप में इंगित किया जाता है परन्तु वास्तव में अन्तर्निहित संघर्ष पर्यावरण संरक्षण आन्दोलन और विकास के बीच नहीं है बल्कि पर्यावरण और दक्षता के नाम पर मनुष्य और पृथ्वी के समस्त ससाधनों के मनमाने शोषण के बीच है। "पृथ्वी पर उपलब्ध जैविक तथा भौतिक ससाधनों के उपयोग की एक ऐसी व्यवस्था करना जिससे उनकी उपलब्धता निरन्तर बनी रहे तथा पारिस्थितिक तंत्र में भी कोई असंतुलन स्थिति न बने संरक्षण कही जाती है"। उदाहरणार्थ किसी घास के मैदान में नियंत्रित मात्रा एवम् समय के लिये पशुओं को चरने देने से घास के मैदान में कोई पारिस्थितिकी विसंगति उत्पन्न नहीं होगी।

आजकल मानव के उपयोग एवम् उपभोग के पृथ्वी पर उपस्थित सभी ससाधन (resources) कहे जा सकते हैं। पृथ्वी के समस्त प्राकृतिक स्रोतों का मानव द्वारा सांस्कृतिक मानव पर्यावरण (Human environment) कहा जा सकता है। जिसका भावार्थ इन स्रोतों में मानव उपयोग हेतु किये गये परिवर्तनों एवम् प्रबन्धों से भी है। आज समस्त ससाधन हैं। वाट (1973) की परिभाषा के अनुसार "ससाधन किसी जीव (population) या पारिस्थितिकी तंत्र (ecosystem) की वह कोई भी

आवश्यकता है जिसकी गुरुतर उपलब्धता ऊँचा सग्रह में सहायक होती है। मनुष्य के सम्भ में वैटने समय (Time) तथा स्थान को भी बहुमूल्य ससाधन माना है। सुविधा की दृष्टि से ससाधनों को दो भागों में विभक्त किया जा सकता है -

- 1 नवीनकरणीय (Renewable) या पुनर्नव्य (Regenerative) या गत्यात्मक (Flow) या जैविक ससाधन (Biological resources)
- 2 अनवीनकरणीय (Non renewable) या अपुनर्नव्य या संचित (Fined) या भौतिक ससाधन (Physical resources)

1 नवीनकरणीय ससाधन (Renewable resources) --

इसके अन्तर्गत जैविक ससाधन आते हैं जैसे कृषि पेड़-पौधे जीव-जन्तु, आदि जिनमें पुनर्नव्य (Regenerative) क्षमता पायी जाती है। पादप वनस्पति प्रकृति के सरलतम तत्वों का उपयोग कर उन्हें जटिलतम तत्वों में रूपांतरित कर देते हैं जिन पर पारिस्थितिक तंत्र के अन्य पोष स्तर के प्राणी निर्भर करते हैं। जीव प्रजनन द्वारा अपनी वृद्धि करते रहते हैं और मरने के उपरान्त यही जटिल तत्व पुन सरल तत्वों में सुक्ष्म जीवों द्वारा परिवर्तित कर दिये जाते हैं। इस प्रकार इन सरलतम तत्वों का पुन पुन परिसंचरण पारिस्थितिक तंत्र में होता रहता है। इस प्रकार हम देखते हैं कि इनका निर्माण तंत्र में निरन्तर होता रहता है। आवश्यकता इस तरह के जैविक ससाधनों की समुचित देख रेख तथा प्रबन्ध की है। पर्यावरण की सकलता के सिद्धान्त के अनुसार ये सभी जैविक घटक अन्योन्याश्रित रहते हुए एक निश्चित समुतलन प्रक्रिया में रहते हुए अन्त क्रिया करते रहते हैं। इस समुतलन प्रक्रिया में विमोघ होने की दशा में समुतलन तंत्र अहितकारी रूप से प्रभावित होकर अपना वर्तमान स्वरूप खो सकता है। उदाहरणार्थ - यदि किसी घास स्थल में अत्याधिक चराई होती है तो न केवल वहाँ की जैविक समृद्धि ही लुप्त होती है बल्कि मृदा के गुणों तापमान आर्द्रता आदि पर भी प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

ओलीवर एम० ओवन (1941) ने इन जैविक ससाधनों को असमन्य ससाधन (Inexhaustible) कहा है। ओवन के अनुसार असमन्य ससाधन दो प्रकार के होते हैं।

(अ) अपरिवर्त्य (Immutable) -- वे ससाधन जिन पर मानव गतिविधियों का कोई विशेष प्रतिकूल प्रभाव नहीं होता है जैसे- वायुशक्ति जल शक्ति आर्गनिक ऊँचा ज्वार भाटे की जल शक्ति इत्यादि।

(ब) दुरुपयोग्य (Misusable) -- वे असमन्य ससाधन जिनके समाप्त होने का कोई खतरा तो नहीं है परन्तु उनके दुरुपयोग का डर रहता है। जैसे सौर ऊँचा एक असमन्य ससाधन है परन्तु मानव की औद्योगिक गतिविधियों से उत्पन्न वायु प्रदूषण के कारण उसकी तीव्रता के प्रभावित होने का सदैव अन्देशा रहता है। इसी तरह वायुमंडल के ओजोन सुरक्षा कवच के हास होने से घातक पराबैंगनी किरणों से हानिकारक प्रभाव पैदा हो सकते हैं।

2 अनवीनकरणीय ससाधन (Non renewable resources)--

इस श्रेणी में हम उन समन्य ससाधनों को रखते हैं जिनका केवल एक बार पुर्न र्पण उपयोग किया जा सकता है और पुन उन्हें उपयोग योग्य नहीं बनाया जा सकता

है जैसे - पेट्रोलियम, डीजल, केरोसीन, जीवाश्म ईंधन आदि। ऐसे ससाधन उपयोग के साथ ही समाप्त हो जाते हैं अर्थात् ऐसे ससाधनों के पुनर्स्थापना की गतिया तो अत्यन्त मन्द होती है अथवा होती ही नहीं है ऐसे ससाधनों का भंडार अक्षय नहीं होता है। अतः इन्हें अपुनर्नव्य अथवा संचित ससाधन भी कहा जाता है।

इनका सरक्षण वर्तमान में उपस्थित संचित भण्डार के आकलन के साथ-साथ आवश्यकताओं के अनुसार व्यय तथा अपव्यय पर नियंत्रण रखने के यथासम्भव प्रयासों द्वारा ही हो सकता है। इन ससाधनों के समाप्त होने की दशा में हमें प्रतिस्थापी (Substitute) खोजना होगा। नवीनकरण साधनों की तरह अनवीनकरणीय साधनों में परस्पर सम्बन्ध नहीं होता अर्थात् एक खनिज के दोहन से अन्य भूमिगत निक्षेप प्रभावित नहीं होते हैं।

जीवन के वर्गीकरण के अनुसार नवीनकरणीय ससाधन या समाप्य ससाधन को दो भागों में विभक्त किया गया है।

(क) **संभारणीय संसाधन (Maintainable resources)** -- इसमें उन ससाधनों को सम्मिलित किया जाता है जिनकी पुनर्स्थापना या पुनर्निर्माण सम्भव होता है जैसे- वन, घासस्थल, कृषि भूमि, समस्त जैव सम्पदा आदि।

(ख) **असंभारणीय संसाधन (Non-maintainable resources)** -- इसके अन्तर्गत वे ससाधन आते हैं जिनकी पुनर्निर्माण या पुनर्स्थापना सम्भव नहीं होती है - जैसे जीवाश्म ईंधन, विभिन्न खनिज इत्यादि।

वस्तुतः प्राकृतिक ससाधनों का उपरोक्त वर्गीकरण इतना सरल नहीं है क्योंकि विभिन्न ससाधक वर्ग परस्पर एक दूसरे से अन्तर्कीयित (Interwoven) हैं। मानवीय गतिविधियों के कारण नये तरह के अन्तर्सम्बन्ध स्थापित होते रहते हैं। जैसे कोयले और पेट्रोलियम पदार्थों के उपयोग से लकड़ी तो बच जाती है परन्तु वायु प्रदूषण का खतरा बढ़ जाता है तथा जैव सम्पदा प्रभावित होती है। ओडम (1971) ने अनवीनकरणीय साधनों को भी कुछ अर्थों में नवीनकरणीय माना है। ओडम के अनुसार यदि खनिज, जल आदि ससाधन आवश्यकता से अधिक तीव्र गति से परिसंचरण करते रहे तो उनको नवीनकरणीय ही माना जावेगा। मृदा को नवीनकरणीय तथा अनवीनकरणीय दोनों ही श्रेणियों में रखा जा सकता है - जैसे यदि मृदा किसी क्षेत्र में व्यापक भूक्षरण या मृदा अनुरदन क्रिया द्वारा प्रभावित हो रही हो तो उसे अनवीनकरणीय श्रेणी में रखा जायेगा इसके विपरीत यदि उसकी उर्वरकता में ह्रास हो तो उसे नवीनकरणीय ससाधन कहा जा सकता है।

पदार्थ ही अंतिम सत्य है इस दर्शन ने मानव की भोगवादी प्रवृत्ति को बड़ाकर पर्यावरणीय सकट पैदा कर दिया है। आज विभिन्न ससाधनों की कमी एवम् दुरुपयोग होने के कारण ही उनके प्रवन्ध और सरक्षण की बात की जाती है। पर्यावरण की सकलता का ज्ञान (Holistic concept of Environment) तथा पारिस्थितिक तंत्र में कार्याकीय समाकलन का ज्ञान हो जाने से अब जैविक तथा भौतिक ससाधनों को पृथक् नहीं किया जा सकता है। प्रवन्ध (management) का अर्थ युक्ति-युक्त उपयोग की उस विधि से है जिसके द्वारा ससाधन की भविष्य में भी प्राप्ति की निरन्तर सम्भावना बनी रहे। आजकल

ससाधनों के समेकित प्रबन्ध (Integrated management) की बात की जाती है। पारिस्थितिकी में यह सर्वविदित तथ्य है कि जैवमण्डल में हुए किसी भी विक्षोभ के परिणामस्वरूप शृंखलाबद्ध प्रतिक्रिया प्रारम्भ हो जाती है। जिनके अंतिम परिणाम अत्यन्त भयंकर हो सकते हैं। अतः समेकित प्रबन्ध में भविष्य के दूरगामी परिणामों का ध्यान रखा जाता है। प्राकृतिक ससाधनों के प्रबन्ध के साथ उनके संरक्षण की चर्चा की जाती है। संरक्षण का अभिप्राय आरक्षण (Protection) या परिरक्षण (Preservation) से नहीं है। अपितु ससाधन की ऐसी प्रबन्ध व्यवस्था से है जिसके द्वारा उपयुक्त प्रयोग के पश्चात् भी उसकी उपलब्धता दीर्घकाल तक बनी रहे तथा स्वरूप में परिवर्तन न हो। जैसे किसी वन क्षेत्र को संरक्षित रखने पर भी यदि उसमें से कुछ वृक्षों (सूखे), को समय-समय पर काट भी लिया जावे तो भी समुदाय में कोई विशेष परिवर्तन नहीं आयेगा क्योंकि प्राकृतिक चक्र में कुछ नये वृक्ष उग ही आयेगे। लेकिन पारिस्थितिक तंत्र की कुछ विशेष परिस्थितियों में कुछ क्षेत्रों या अशों को पूर्णरूपेण आरक्षित (Protected) रखना भी जरूरी होता है ताकि मनुष्य की गतिविधियों से हुए परिवर्तनों तथा क्रियाकलापों का तुलनात्मक अध्ययन किया जा सके अथवा क्षेत्र विशेष की जैविक सम्पदा को लुप्त होने से बचाया जा सके। प्रायः देखा जाता है कि वनस्पति विज्ञान या प्राणी विज्ञान के छात्रों की टोलियाँ प्रतिवर्ष शैक्षणिक प्रमण के दौरान पौधों एवम् प्राणियों की विभिन्न जातियों का संग्रह करती हैं जिनका ध्येय अक्सर दुर्लभ प्रजाति का संग्रह करना ही होता है।

संरक्षण की दृष्टि से, यह हम कुछ प्रमुख ससाधनों का पारिस्थितिकी सिद्धान्तों के अनुरूप प्रबन्ध का संक्षिप्त विवेचन करेंगे।

1 वन सम्पदा -

पहले "वन" शब्द का उपयोग बिना जोती भूमि के लिए होता था चाहे बजर हो या पेड़-पौधों से आच्छादित लेकिन नई परिभाषा में प्रायः वन ऐसे पादप संह को कहते हैं जिसमें वृक्षों एवम् अन्य वास्तविक/पादपों की प्रमुखता एवम् बाहुल्य हो। वन विश्व के अति जटिल, अन्योन्याश्रित, वृद्धिमान, पारिस्थितिक तंत्र है। वनों से मनुष्य का संबंध बहुत पुराना है। अभ्यता की और कदम बढ़ाने से पूर्व मनुष्य वनों पर ही आश्रित था। लेकिन आज भी जब हम इक्कीसवीं सदी की ओर कदम बढ़ा रहे हैं तब भी वनों पर ही हमारा अस्तित्व निर्भर है। वास्तव में वन हमारे वर्तमान और भविष्य दोनों के संरक्षक हैं।

वनों का महत्व - वन हमारी अनेक प्रमुख आवश्यकताओं जैसे ईंधन, इमारती लकड़ी, प्लाई वुड, बाँस, बेत, कागज की लुग्दी, सेतुलोन, लिग्निन वानस्पतिक रजक पदार्थ अनेक औषधियाँ, पशुओं के लिए चारा, खाद्यफल, गौद, रबर, तारपीन का तेल, कत्था, सुपारी, शहद, लाख, ताम्बा इत्यादि की पूर्ति करते हैं। इस के अतिरिक्त वन अप्रत्यक्ष रूप से प्राकृतिक संतुलन को बनाये रखने में सहायक होते हैं। वन वायुमण्डल में ऑक्सीजन तथा कार्बन डाई ऑक्साइड के क्रान्तिक संतुलन को बनाये रखने में सहायक होते हैं। वन अपनी ताप नियंत्रण क्षमता द्वारा ग्रीष्म ऋतु में तापमान घटाते तथा शीत ऋतु में बढ़ाते हैं। वनाच्छादित क्षेत्र वायुमण्डलीय आद्रता को अवशोषित कर पर्याप्त तथा समय पर वर्षा

कराने में सहायक होते हैं। वन वेगवती हवाओं को रोक कर मृदा क्षरण के अतिरिक्त भी अन्य नुकसानों के बचाव करते हैं। वन जल तथा वायु अप्रदूषण से मृदा का संरक्षण करते हैं। वन्य क्षेत्र में जमीन पर पड़ी सूखी पत्तियाँ, टहनियाँ आदि सड़-गल कर मृदा के साथ मिलकर भूमि की ऊर्वरा शक्ति में पर्याप्त वृद्धि करती हैं। इसके अतिरिक्त वृक्षों की लम्बी गहरी जड़े तथा मृदा की कम सख्त प्रकृति वर्षा के जल को स्पष्ट की भाँति अधिक से अधिक मात्रा में अवशोषित कर भूमिगत जल ससाधनों में वृद्धि कर उसके स्तर को ऊँचा बनाये रखते हैं। वनावरण मृदा में पर्याप्त नमी व ऊर्वरकता बनाये रखते हैं। वर्षा के तेज बहाव को रोक कर बाढ़ की संभावना को कम कर देते हैं। वनों द्वारा सम्पूर्ण विश्व के प्रकाशसंश्लेषण का लगभग आधा कार्य पूर्ण होता है। वन वन्य जीव-जन्तुओं को प्रश्रय एवं भोजन उपलब्ध कराते हैं जिनका वन पारिस्थितिक तंत्र में अपना पृथक महत्व है। वनों का आध्यात्मिक चेतना, सौन्दर्य बोध, मनोरंजन, मनोवैज्ञानिक तथा पर्यटन की दृष्टि से भी विशेष महत्व है। एक अनुसंधान के अनुसार वृक्षों की सिर्फ 50 मीटर चौड़ी कतार वायुमण्डल का 3°C तापमान कम कर सकती है। रक्षापट्टि वृक्षावली से कृषि उपज में लगभग 150 प्रतिशत तक की अभिवृद्धि अंकित की गई है। वनों के महत्व के बारे में मत्स्य पुराण में उल्लेख है कि एक वृक्ष लगाने का उतना ही महत्व है जितना की 10 पुत्र प्राप्त करने का है। अतः उपरोक्त विवरण से स्पष्ट है कि वनों की भूमिकाएँ तथा सेवाएँ मानव आस्तित्व के लिए बहुमूल्य हैं तथा प्रकृति प्रदत्त सतुलन वनों की ही अमूल्य देन है।

भारत में वन (Forest in India) -

मानवीय सभ्यता के प्रारम्भिक काल में भू-पटल का लगभग 60 प्रतिशत भाग वनाच्छादित था। सन् 1850 में भू-पटल के लगभग 40 प्रतिशत भाग पर वनों की उपस्थिति थी जो वर्तमान में घट कर लगभग 26 प्रतिशत रह गई है। वनों में भी सबसे महत्वपूर्ण है उष्णकटिबंधीय वर्षा वन। विश्व के इन वन क्षेत्रों के लगभग 50 प्रतिशत वन भूमि पर उष्णकटिबंधीय वन पाये जाते हैं जो कभी इतने सघन थे कि सूरज की किरणें भी वन भूमि तक नहीं पहुँच पाती थी। कभी पृथ्वी पर 160 करोड़ हेक्टेयर में घने वर्षा वन थे सन् 1975 तक 93 करोड़ 80 लाख हेक्टेयर में ही ये प्राचीन वन बच पाये। इस तरह वन क्षेत्र में लगभग 41.4% कमी आई है। इसका भी 63.3 प्रतिशत भाग केवल बर्मा, भारत, श्रीलंका में उजाड़े गये है। आजादी के समय भारत में कुल भौगोलिक क्षेत्र (32.88 करोड़ हेक्टेयर) के 7.48 करोड़ हेक्टेयर में वन थे। इसमें से 6.11 करोड़ हेक्टेयर के वन क्षेत्रों से वनोपयोगी सामग्री प्राप्त होती थी। इस 6.11 करोड़ हेक्टेयर क्षेत्र के 5.92 करोड़ हेक्टेयर में अशकुधारी वन (Non-coniferous forest) तथा 0.19 करोड़ हेक्टेयर में शकुधारी वन (Coniferous forest) पाये जाते हैं। उत्पादकता (Productivity) की दृष्टि से हमारे वनों की दशा शोचनीय है। इन वनों की वार्षिक प्रति हेक्टेयर उत्पादकता केवल 0.61 घन मीटर प्रति हेक्टेयर ही है एक अनुमान के अनुसार भारत की लगभग आधी भूमि परती (Waste) हो चली है। हमारे प्रान्त की स्थिति तो और भी दयनीय है जहाँ लगभग 2 प्रतिशत ही सघन वन रह गये हैं। वह भी अरावली पर्वत श्रृंखला पर कहीं-कहीं है।

Def.

वनोन्मूलन (Deforestation) — वन आच्छादित क्षेत्र में वन विनाश विकास कार्यों का मिला जुला नतीजा है। खेती और बागान लगाने के लिए बहुत बड़े वन क्षेत्र की सफाई, बड़ी औद्योगिक और सिचाई परियोजनाओं के कारण विशाल वन क्षेत्रों की कटाई या उनका जलमग्न होना, मानव तथा पशुओं की संख्या में अत्याधिक वृद्धि के दबाव के कारण, शहरीकरण और औद्योगिकीकरण के कारण वनोत्पादन की बढ़ती मांग वन विनाश के लिए उत्तरदायी कारक बने हुए हैं। नीचे हमारे अपने देश के दो दशक के आँकड़े दर्शाये गये हैं। स्पष्टतः इन दो दशकों में काफी बड़े क्षेत्र से वनों का नाश हुआ है और यह प्रक्रिया सम्पूर्ण विश्व में सतत चली आ रही है।

भारत — भारत में दो दशकों (सन् 1951 से 1972) के बीच समाप्त होने वाले वनों का क्षेत्रफल तथा कारण

	कारण	क्षेत्रफल
1	नदी-घाटी परियोजनाएँ	4,01,000 हेक्टेयर
2	कृषि	24,33,000 "
3	सड़क तथा अन्य यातायात	55,000 "
4	उद्योग	1,25,000 "
5	अन्य	3,88,000 "
	योग	34,02,000 "

सन् 1900 में विश्व में वनों का क्षेत्रफल 700 करोड़ हेक्टेयर के आसपास आका गया था जो सन् 1975 में घट कर 289 करोड़ हेक्टेयर रह गये थे। विश्व में प्रतिवर्ष अनुमानतः एक करोड़ हेक्टेयर भूमि से वृक्ष काट दिये जाते हैं। इसी गति से वन विनाश होता रहा तो सन् 2000 तक विश्व में मात्र 237 करोड़ हेक्टेयर में ही वन रह जायेंगे। निकट भविष्य में शून्य वन (Zero forest) की स्थिति आ जायेगी। सितम्बर 1986 में वार्शिंगटन में हुए सम्मेलन में विशेषज्ञों के मतानुसार अनुमानतः विश्व के उष्ण कटिबंधीय वर्षा वन आने वाले 50 से 75 वर्षों में लुप्त प्रायः हो जायेंगे।

समभवतः सम्राट चन्द्रगुप्त मौर्य के समय तथा बाद में सम्राट अशोक के काल में व्यापक स्तर पर वृक्षारोपण अभियान चलाया गया था। मुगलों के काल में कृषि के लिए वन विनाश की गति तीव्र हो गई। 1857 के स्वतंत्रता संग्राम के बाद तो अंग्रेजी साम्राज्य ने वनों का शोषण ही प्रारम्भ कर दिया था। वर्ष 1987 की वन स्थिति पर रिपोर्ट के अनुसार आज देश में प्रति वर्ष 13.3 करोड़ टन ईंधन की लकड़ी की आवश्यकता है, जबकि सरकारी तौर पर मात्र उपलब्धता केवल 3.9 करोड़ टन ही है। इस मांग आपूर्ति के लिए प्रति वर्ष लगभग 10-15 लाख हेक्टेयर वन क्षेत्रों का विनाश कर दिया जाता है। लगभग यही स्थिति चारे की है। जिसकी वार्षिक मांग 70 करोड़ टन है, जबकि हमें सिर्फ 5.4 करोड़ टन चारा ही मिल पाता है। हिमालय क्षेत्र के गाँवों

मे महिलाओं को चारे और जलावन की तलाश में हर रोज छ से दस घंटे तक पैदल भटकना पड़ता है।

भारत की वर्ष 1951 की राष्ट्रीय वन नीति में यह स्पष्ट कहा गया है कि भारत के मैदानी भू भाग के 33 प्रतिशत भाग में तथा पर्वतीय भागों के 60 प्रतिशत भू भाग पर वन होना आवश्यक है क्योंकि जल और भूमि सहायन की दृष्टि से अधिक घनत्व वाला वन तथा मैदान में 33% प्रतिशत से अधिक घनत्व वाला वन प्रभावशाली होता है। इतनी स्पष्ट चेतावनी के बाद भी भारत में प्रतिवर्ष 13 लाख हेक्टेयर भूमि से वनों का सफाया कर दिया जाता है। जिसके परिणाम स्वरूप देश को वनोन्मूलन के दुष्प्रभाव की गंभीरतम समस्याओं का प्रतिवर्ष सामना करना पड़ता है। वर्तमान में देश में केवल 15 प्रतिशत भाग पर वन रह गये हैं और केवल लगभग 8 प्रतिशत पर स्वस्थ तथा सघन वन है। उपग्रह से प्राप्त चित्रों के अनुसार वस्तुतः भारत के केवल दस प्रतिशत भूभाग पर ही वनों का अस्तित्व रह गया है। सिक्किम और अरुणाचल प्रदेश के अतिरिक्त लगभग सभी राज्यों में अधाधुन जंगलों की कटाई हुई है। इस समय परती (Waste) भूमि का सबसे बड़ा क्षेत्रफल राजस्थान में है। आज से तीस वर्ष पहले तक भारत में कृषि योग्य भूमि की प्रति व्यक्ति उपलब्धता 0.48 हेक्टेयर थी, आज यह घटकर 0.26 हेक्टेयर मात्र रहे गई है।

विकसित देशों की लकड़ी की खपत प्रतिवर्ष लगभग 1.75 करोड़ घन मीटर है। इन देशों की व्यापारिक लकड़ी की आवश्यकता अविकसित देशों की तुलना में डेढ़ सौ से दो सौ गुनी है। विकसित देशों में प्रति व्यक्ति कागज की खपत लगभग 150 कि० ग्रा०, जबकि विकासशील तथा अविकसित देशों में यह 5.7 कि० ग्रा० प्रति व्यक्ति है।

कृषि की कुछ नवीन प्रचलित पद्धतियाँ भी वनों के हास का कारण बनी हैं। उदाहरणतः एशिया प्रशान्त क्षेत्र में लगभग 30 मिलियन लोग झूम खेती (Jhum cultivation) करते हैं। जिसके कारण जलकटिबन्धीय वनों का तीव्र गति से विनाश हो रहा है। इस पद्धति से कृषि योग्य भूमि अर्जित करने के लिए किसी वन क्षेत्र की समस्त वनस्पति को काटकर जला दिया जाता है। इस प्रकार वनस्पति दहन से उत्पन्न राख के आवश्यक खनिज मृदा में मिलकर उसकी उर्वरकता बढ़ा देते हैं। इस समृद्धित कृषि भूमि पर दो या तीन फसल ली जाती है तथा मृदा की उर्वरकता के घटने के साथ कृषक उस स्थल को छोड़ कर अन्य क्षेत्र में पुनः ऐसी ही प्रक्रिया अपनाकर कृषि योग्य भूमि प्राप्त करते हैं। इस पद्धति को स्थानान्तरी जुताई (Shifting cultivation) या झूम खेती (Jhum cultivation) कहा जाता है। इस समय लगभग 75 मिलियन हेक्टेयर वन्य क्षेत्र इस समस्या से ग्रस्त है। भारत के पूर्वोत्तर राज्यों विशेषकर आसाम, मेघालय, मिजोरम, नागालैण्ड, अरुणाचल प्रदेश, त्रिपुरा आदि में झूम खेती होती है। वर्ष 1984 के आकड़ों के अनुसार लगभग 63 हजार वर्ग कि० मी० वन क्षेत्र झूम खेती से प्रभावित था। समस्या की गंभीरता का अनुमान इस तथ्य से भी लगाया जा सकता है कि आइवरी कोस्ट (Ivory coast) में दस वर्षों (1956-1966) में ही 40 प्रतिशत वन क्षेत्र इस पद्धति से नष्ट हो गये। कभी-कभी बनावट तथा रोग संक्रमण के कारण भी सम्पूर्ण वन नष्ट हो जाते हैं।

वनोन्मूलन के दुष्प्रभाव (Harmful effect of deforestation) -

वानन हनन से मानव की तात्कालिक आवश्यकताओं की आपूर्ति तो हो जाती है परन्तु पारिस्थितिक जन्य कई दीर्घकालीन एवम् अन्तर्सम्बन्धित समस्याओं का जन्म होता है। यहाँ हम वनोन्मूलन से उत्पन्न विभिन्न दुष्प्रभावों का संक्षिप्त विवेचन करेंगे।

(i) मृदा अपरदन - सूखने वनावरण वर्षा के प्रभाव को रोकते है तथा मृदा को अपनी जड़ों से बाँधे रखते है। वनों को काटे जाने की स्थिति में वर्षा के जल का प्रवाह बढ़ जाता है। जिससे वर्षा का जल अपेक्षाकृत अधिक मात्रा में मिट्टी का कटाव करने में सक्षम हो जाता है। अफ्रीका महाद्वीप में किये गये विभिन्न शोध सर्वेक्षणों से ज्ञात हुआ है कि सघन वनाच्छादित क्षेत्रों में 0.9% वर्षा जल बहकर जलधाराओं के साथ चला गया जबकि कृषि युक्त क्षेत्र में यह प्रतिशत 17.4 रहा। इस प्रकार वनस्पति रहित नग्न भूमि में कुल वर्षा का 40% भाग जलधाराओं में बहकर चला गया। वस्तुतः जल बहाव का आयतन मुख्य रूप से भूक्षरण को प्रभावित करता है। उक्त सर्वेक्षण में ही यह भी पाया गया कि सघन वनावरण में जितना भूक्षरण हुआ, कृषि युक्त क्षेत्र में उसका 320 गुना तथा नग्न भूमि से 768 गुना अधिक भूक्षरण पाया गया। मृदा अपरदन (Soil erosion) से मिट्टी की ऊपरी उपजाऊ परत (Top soil) शीघ्रता से बहकर चली जाती है। प्रकृति में एक इंच मोटी मृदा परत के निर्माण में 500 से 1000 वर्ष का समय लगता है। अनुमान है कि हर वर्ष 2500 करोड़ टन मृदा कट कर बह जाती है। जिससे पृथ्वी का एक बड़ा हिस्सा बजर होता जा रहा है।

(ii) बाढ़ एवम् सूखा - "प्राकृतिक या देवी" विपत्तियों कही जाने वाली बाढ़ तथा सूखा के पृष्ठ में भी वही कारण है जो भूक्षरण के लिए जिम्मेदार है। जिस भूमि से वनस्पति कवच हट जाता है वहाँ भूक्षरण कई सौ गुना बढ़ जाता है। भूक्षरण से प्रभावित मृदा जलधारा के साथ बहकर नदी नालों में पहुँच जाती है और उनके तल को ऊँचा या ^{Shoal} उथला कर देती है परिणाम स्वरूप उनकी जल ग्रहण क्षमता में कमी के कारण जलस्तर बढ़ जाता है तथा किनारे तोड़कर जलवेग निकटवर्ती क्षेत्रों को जलाक्रान्त कर बाढ़ का रूप ले लेता है। कुछ वर्ष पहले तक भारत में बाढ़ से 2 करोड़ हेक्टेयर क्षेत्र ही प्रभावित होता था, अब यह बढ़ते बढ़ते 59 करोड़ हेक्टेयर गया है।

इसी विनाश का दूसरा रूप है सूखा। जब भूमि पर वनस्पति नहीं रहती और वजरीकरण की प्रक्रिया शुरू हो जाती है तब वहाँ वर्षा की कमी होने लगती है। वर्षा की लगातार कमी से धीरे धीरे घटती सूख जाती है तथा भोजन, चारे और पीने के पानी की गंभीर समस्या उत्पन्न हो जाती है। जल एवम् विद्युत आपूर्ति का भी अतिकूल प्रभाव पड़ता है। वर्ष प्रति वर्ष देश में सूखे का प्रकोप बढ़ता ही जा रहा है। अनुमान है कि देश का 35 प्रतिशत क्षेत्र अब सूखे से प्रभावित होने लगा है।

(iii) वन आधारित उद्योगों का संकट - विश्व में जिस गति से वर्तमान में वन विनाश हो रहा है उससे 21वीं सदी के प्रथम चरण में ही वनों पर आधारित कई उद्योगों जैसे कागज एवम् लुग्दी उद्योग, रेशम उद्योग, लकड़ी व फर्नीचर उद्योग, जलचान निर्माण उद्योग, दिसासलाई उद्योग, लाख उद्योग आदि में कच्चे माल की आपूर्ति का संकट पैदा हो जायेगा।

(iv) दुर्लभ प्रजातियों के विलुप्त होने का खतरा - प्राणियों तथा वनस्पतियों के विलोपन का मुख्य कारण प्रकृति में हुए परिवर्तनों, प्राकृतिक वास्तो के विनाश, वनों के अंधाधुंध कटाव, कृषि विस्तार, अंधाधुंध चराई तथा बढ़ते औद्योगिकीकरण और शहरीकरण से पर्यावरण में हुए परिवर्तन हैं जिनके कारण आज की वन्य जातियाँ सकटापन्न और दुर्लभ जातियों की श्रेणी में पहुँच गई हैं। इस समय सिर्फ भारत की ही लगभग 15,000 वनस्पति तथा 75,000 जन्तु जातियों का अस्तित्व खतरे में है।

(v) जलाशयों के अस्तित्व का खतरा + भूक्षरण में लगातार बढ़ोतरी के कारण जलाशयों में गाढ़ (Silt) जमा होने की दर भी बढ़ती जा रही है। भारत में करीब 5 लाख छोटे जलाशय तथा 487 मध्यम एवं बृहद जलाशय हैं। भाखड़ा बांध जिसकी आयु 88 वर्ष मानी गई थी वह अब घटकर 47 वर्ष रह गई है। इसी प्रकार हीरा कुण्ड बांध जिसकी आयु 111 वर्ष निर्धारित की गई थी वह घटकर 45 वर्ष रह गई है। इसके लिए बढ़ते भूक्षरण के साथ-साथ जलाशयों में बढ़ता पानी का दबाव भी मुख्य रूप से उत्तरदायी है। भारत के राष्ट्रीय बाढ़ आयोग (National Commission on Floods) की एक रिपोर्ट के अनुसार भारत की नदियों में सिर्फ 20 करोड़ एकड़ फुट पानी सम्भाल सकने की क्षमता है लेकिन वर्षा काल में भारतीय नदियों में लगभग 140 करोड़ एकड़ फुट पानी बहता है।

(vi) जलवायु परिवर्तन - जैसा पूर्व में उल्लेख किया गया है कि वनों की अंधाधुंध कटाव से प्रकृति प्रदत्त जल चक्र तथा वायुमण्डल में कार्बन डाई आक्साइड एवम् आक्सीजन का संतुलन प्रभावित होता है। वायुमण्डल में कार्बन डाई आक्साइड की मात्रा में वृद्धि होने से "ग्लोबल वार्मिंग" की समस्या उत्पन्न हो रही है। जल चक्र में असंतुलन से बाढ़ तथा सूखा की स्थिति उत्पन्न हो रही है।

इस प्रकार हम देखते हैं कि वन विनाश के दुष्परिणाम अत्यन्त व्यापक, अपरिमित तथा दीर्घकालीन हैं जिन्हें विश्व व्यापी वनशोषण के इस काल खण्ड में समुचित वन प्रबंध तथा वन संरक्षण द्वारा पुनर्नव्य या पुनर्स्थापित किया जा सकता है।

वनों का संरक्षण एवं संवर्धन - हमारी कुल राष्ट्रीय अरब का लगभग 40 प्रतिशत भाग वन क्षेत्र से प्राप्त होता है। अतः कभी-कभी वन प्रबन्ध में निहित व्यावसायिक दृष्टि से वन प्रबन्ध ही वन विनाश का कारण बन जाता है। वर्तमान में वन संरक्षण के लिए समुचित प्रबन्ध व्यवस्था की आवश्यकता है। जिससे वन तथा वनोत्पादनों की निर्बाध आपूर्ति कायम रहे। उक्त दृष्टि से निम्न सुझाव तथा प्रयास सहानक सिद्ध हो सकते हैं।

- (i) वन क्षेत्रों को आरक्षित (Reserved) किया जाना चाहिये। ऐसे क्षेत्रों में जहाँ कृषि सम्भव नहीं हो वहाँ पारिस्थितिकी साम्य चरम वन समुदाय (Chimax forest community) को विकसित करने का प्रयास किया जाना चाहिये।
- (ii) वनाग्नि, कीट प्रकोप, रोग संक्रमण तथा अत्यधिक चराई से वनों की सुरक्षा के लिए समुचित प्रबन्ध किये जाने चाहिये। प्रबन्ध के यथोपयुक्त साधनों

का उपयोग करने से पूर्व पारिस्थितिक सतुलन को ध्यान में रखा जाना चाहिये ।

- (iii) ऐसे प्रयास किये जाने चाहिये जिससे वनों से वृक्षों की कटाई के बाद भी वन समुदाय का वांछित पारिस्थितिकी स्तर बना रहे । इसके लिए वृक्षों के कटान के स्थान पर उनकी वृद्धि की सबसे उपयुक्त वन वर्धन (Silviculture) तकनीक अपनाई जावे जिससे शीघ्र चरम समुदाय की पुनर्स्थापना सम्भव हो सके । इसके साथ वन सौन्दर्य, जैव विविधता, अन्य प्राणी वैभव, चारागाह तथा मनोरंजन की दृष्टि से भी वनों को समुन्नत करने के यथोचित प्रयास किये जाने चाहिये ।
- (iv) वृक्षारोपण करते समय एकल प्रजाति के वृक्षों (Monoculture) के स्थान पर बहुत प्रजाति या मिश्रित वन सम्पदा को प्राथमिकता दी जानी चाहिये; पर्यावरण संरक्षण के प्रयासों में क्षुप (Shrub) व शाकीय (Herbaceous) पौधों का भी उतना ही महत्त्व है जितना वृक्षों का । अतः इस बिन्दु पर भी ध्यान केन्द्रित करने की आवश्यकता है ।
- (v) वृक्षारोपण में वृक्षों की प्राथमिकताएँ बदलने की भी आवश्यकता है । व्यापारिक उपयोग के वृक्षों (यूक्लिपटस, पीपलर, चीड़ आदि) के स्थान पर ऐसे वृक्षों को लगाना चाहिये जिससे मानव दैनिक आवश्यकताओं की आपूर्ति होती है तथा भू एवं जल स्रोतों का संरक्षण भी होता है । अतः वृक्षारोपण का पाँच “एफ” कार्यक्रम (Food, Fodder, Fuel, Fertilizer and Fibre) अपनाया जाना चाहिए । महसूखलीय एवं पर्वतीय क्षेत्रों में यूक्लिपटस जैसे पौधों को लगाने के सरकारी एवं गैर सरकारी प्रयासों को रोका जाना चाहिए ।
- (vi) वन संरक्षण के अन्य उपायों में ऊर्जा के वैकल्पिक स्रोतों के प्रयोग पर विशेषकर ग्रामीण क्षेत्रों में प्रोत्साहन दिया जाना चाहिये ।
- (vii) “संवादित उपयोग” नीति को तथा संप्रेषण (Communication) की विभिन्न विधाओं को अपनाकर पर्यावरण संरक्षण के प्रति जन जागृति, जन क्रान्ति पैदा करना आवश्यक है ।

वन वर्धन (Silviculture) — वन वृक्षों को उगाने की वैज्ञानिक विधियों को वनवर्धन (Silviculture) कहा जाता है इसके लिए वृक्षारोपण से पूर्व विस्तृत कार्य योजना बनाई जाती है । वन क्षेत्रों को कई खण्डों (Blocks) में विभाजित कर देते हैं तत्पश्चात् इन खण्डों को पुनः कई प्रखण्डों (Compartment) में विभक्त कर कटीले तारों से घेराबन्धी कर दी जाती है जिससे वन क्षेत्र को चारण जन्तुओं से सुरक्षित रखा जा सके । अब वन पौधशाला से प्राप्त स्वस्थ पौधों को उचित समय पर वैज्ञानिक विधि से निश्चित दूरी एवं पंक्तियों में गड्ढे खोद कर रोपित कर देते हैं । चार पाँच वर्षों तक इन प्रखण्डों को सुरक्षित रखा जाता है तथा तब यह वृक्षारोपण कुछ ऊँचा हो जाय तो तारों को हटाकर अन्य प्रखण्ड के घेर लेते हैं और यह प्रक्रम अपनाया जाता है । इस प्रकार से एक ही उम्र वाले वृक्षों के समूह को वृक्षारोपण (Plantation) कहते हैं । इस तरह वृक्षों की सतत् उपलब्धता बनी रहती है ।

वृक्षारोपण में होने वाले व्यय को कम करने तथा भूमिहीन कृषकों को रोजगार उपलब्ध करने की दृष्टि से टांग्ज़ा विधि (Taungya System) अपनायी जाती है। इसमें वृक्षारोपण के साथ-साथ उनी भूमि में कृषि की भी अनुमति दी जाती है। इस विधि से प्रथम वर्ष कृषक उस भूमि पर खेती करता है परन्तु दूसरे वर्ष निर्धारित तकनीक से वृक्षारोपण कर रोपण के मध्य में खाली रही जमीन को कृषि कार्य के लिए उपयोग करता है तथा वन रोपण को पर्याप्त सुरक्षा प्रदान करता है।

गुल्मवन वन वर्धन की प्राचीन विधि है। इसमें कुछ दृढ़ काष्ठ वाले वृक्षों जैसे ओक (Oak), काजू, ऐशेज (Ashes), आल्डर (Alder) आदि की भूमि तक में न काटकर कुछ ऊपर में काटा जाता है तथा बचे हुए दूठ (Stump) में पुनः नई शाखाएँ वृद्धि करती हैं जिन्हें पुनः निश्चित आकार तक बढ़ाने के बाद काट लिया जाता है। यह प्रक्रम बारम्बार चलाया जाता है। वनवर्धन की इस प्रणाली को गुल्मवन या कम्पी प्रणाली (Coppicing or Coppice System) कहा जाता है।

वनो के महत्त्व को दृष्टिगत रखते हुए सरकार ने वन क्षेत्रों को अपने अधिकार में लेकर पारिस्थितिकी दृष्टि से संवेदनशील वन क्षेत्रों में वन कटाव पर पूर्ण प्रतिबन्ध लगा दिया है। हमारे देश में समय समय पर सरकारी तथा गैरसरकारी दोनों ही स्तरों पर वन संरक्षण के प्रयत्न किये जाते रहे हैं।

सरकारी प्रयास — सन् 1894 से चली आ रही वन नीति में सुधार कर 1952 में वनसंरक्षण और संवर्धन के लिए नई राष्ट्रीय वन नीति बनाई गई। जिसका उद्देश्य देश के कुल भूभाग के एक तिहाई भाग को वन क्षेत्र के अन्तर्गत लाना था परन्तु यह अपने लक्ष्य को प्राप्त करने में सफल नहीं हुई। वर्ष 1983 में इसे पुनः संशोधित किया गया। जुलाई 1952 में पूर्व प्रधान मंत्री स्व० जवाहर लाल नेहरू तथा कनैय्या लाल बागैचिया ने वनमहोत्सव (Van mahotsava) परम्परा डालकर जन सहयोग को प्रोत्साहित किया। सरकार ने राष्ट्रीय वन नीति और वन संरक्षण की दिशा में महत्त्वपूर्ण सरकारी कदम उठाए हैं। इसी क्रम में वर्ष 1985 में पर्यावरण मंत्रालय के रूप में स्वतंत्र मंत्रालय का गठन किया गया है।

वन संरक्षण अधिनियम 1980 के अन्तर्गत केन्द्रीय सरकार की पूर्वानुमति के बिना गैर वन्य कार्यों के लिए वन भूमि के इस्तेमाल करने पर प्रतिबन्ध लगाया गया है। विकास उद्देश्यों के लिए जहाँ वन भूमि का उपयोग करना अपरिहार्य हो जाता है वहाँ अनुमानित-क्षतिपूर्ति के रूप में पुनः वन लगाने की शर्त पर दी जाती है। अधिनियम के प्रावधानों को और कठोर बनाने के उद्देश्य से 1988 के संशोधनों का उद्देश्य उन अधिकारियों के विरुद्ध भी कार्रवाई करना है जो इस कानून का उल्लंघन करते हैं। सरकार ने वन कटाव की समस्या से निपटने के लिए ऊर्जा के वैकल्पिक स्रोतों के विकास का कार्य भी शुरू किया है। इसके अलावा रेलवे स्तिफ्टों और भवन निर्माण में लकड़ी के स्थान पर वैकल्पिक सामग्री के उपयोग की संभावनाओं का भी पता लगाया जा रहा है। लकड़ी के स्थान पर अन्य सामग्री का उपयोग करने वाले उद्योगों को सरकार विनियम प्रोत्साहन दे रही है।

सरकार प्राकृतिक वनों को कटाई से बचाने के लिए पहाड़ी इलाकों में एक हजार मीटर से अधिक ऊँचाई वाले स्थान पर पेड़ों की कटाई पर प्रतिबन्ध लगाने का विचार कर रही है। सरकार वन क्षेत्र के चार प्रतिशत क्षेत्र को वन्यजीवन अभ्यारण, राष्ट्रीय उद्यान तथा जैवमण्डल आरक्षित क्षेत्र के रूप में भी विकसित कर रही है।

वनरोपण को प्रोत्साहन देने के उद्देश्य से 1985 में राष्ट्रीय परती भूमि विकास बोर्ड का गठन किया गया। इसका उद्देश्य जन सहयोग लेकर ईंधन व चारे की आपूर्ति सुनिश्चित करने के लिए प्रतिवर्ष पचास लाख हेक्टेयर परती भूमि में वृक्षारोपण करना है। बोर्ड ने अपने सामाजिक वानिकी (Social forestry) तथा कृषि वानिकी (Farm forestry) के जरिये मार्च 1989 तक 71 60 लाख हेक्टेयर जमीन पर वन लगाये हैं।

विभिन्न राज्य सरकारों के वन विभागों ने वनों का सर्वेक्षण कर राष्ट्रीय वन नीति के आधार पर वन प्रबन्ध एवम् विकास की अनेक योजनाएँ बनाई हैं। जून 1981 में भारतीय वन सर्वेक्षण (Forest survey of India) का गठन किया गया इसका मुख्य कार्य वन ससाधनों का समय समय पर मूल्यांकन करना, विकास परियोजनाओं के प्रभाव का आकलन करना आदि है। इस संदर्भ में अक्टूबर 1985 में भोपाल में वन प्रबन्ध संस्थान (Institute of forest management) की स्थापना की गई।

सरकार ने वन अनुसंधान को नई दिशा देने के प्रयास के अन्तर्गत देहरादून में केन्द्रीय वन अनुसंधान संस्थान (Central forest research institute) की स्थापना की है। यह संस्थान वन संरक्षण तथा वनोपयोग के लिए वन सम्बन्धी समस्याओं का वैज्ञानिक अध्ययन करता है। इस संस्थान के अन्तर्गत चार प्रादेशिक केन्द्र बेंगलूर, कोयम्बटूर, जबलपुर तथा डुरती हाट में कार्यरत हैं।

हाल ही में हिमालय परिस्थितिकी व्यवस्था के संरक्षण एवम् वनों का ह्रास रोकने के लिए प्रभावी रणनीति बनाने के लिए गोविन्द वल्लभ पन्त हिमालय पर्यावरण संस्थान की स्थापना की गई है।

सरकार द्वारा अगले वित्तीय वर्ष में राजस्थान में लगभग 177 करोड़ रुपये की जापान की आर्थिक सहायता से अरावली परियोजना लागू की गई है। इसके अन्तर्गत 10 जिलों के 15,947 वर्ग कि० मी० क्षेत्र में पुनर्स्थापित किया जायेगा।

विभिन्न पंचवर्षीय योजनाओं के अन्तर्गत वन विभागों द्वारा तीव्रता से वृद्धि करने वाले, औद्योगिक ईकाईयों को कच्चे माल की आपूर्ति करने वाले तथा आर्थिक दृष्टि से उपयोगी वनों को लगाया गया। इन्हीं योजनाओं के अन्तर्गत सूदूर वन प्रदेशों तक पहुँच बनाने के लिए सड़कों का निर्माण तथा मरम्मत का कार्य किया गया।

सरकार द्वारा वनाच्छादन को आवश्यक स्तर तक लाने को सर्वोच्च प्राथमिकता दी जा रही है। इस हेतु विभिन्न रोजगार व राष्ट्रीय स्तर के कार्यक्रमों में सामाजिक वानिकी (Social forestry) का समावेश किया जा रहा है। सामाजिक वानिकी कार्यक्रमों का लक्ष्य सामाजिक तथा सार्वजनिक रिक्त भूमि पर ग्रामीण जन सहयोग से वन लगाकर लोगों की बुनियादी आवश्यकताओं जैसे ईंधन, चारा, फल तथा ईमारती लकड़ी की पूर्ति सुनिश्चित

करना है। वृक्षारोपण एवम् संरक्षण कार्यक्रमों की सफलता जन सामान्य की सहभागिता पर काफी कुछ निर्भर करती है। सामाजिक वानिकी कार्यक्रम में प्रमुखतः ग्रामीण स्तर पर जन सहयोग सुनिश्चित होता है।

गैर सरकारी प्रयास — वन संरक्षण के क्षेत्र में हाल ही के वर्षों में अनेक स्वयं सेवी संस्थाओं की भूमिका तथा प्रयास सराहनीय रहे हैं। इन्होंने जनजागृति का अनुपम उदाहरण कायम किया है। इनमें चमेली (उ० प्र०) का चिपको आन्दोलन कर्नाटक का एपिको (Appiko) आन्दोलन उदयपुर (राज०) का अरावली बचाओ अभियान होशंगाबाद (म० प्र०) का मिट्टी बचाओ अभियान बम्बई (महाराष्ट्र) का बम्बई बचाओ अभियान विशनोई समाज का खेजड़ी वृक्ष बचाओ आन्दोलन (खेजारली जोधपुर राजस्थान) आदि उल्लेखनीय प्रयास हैं। वन संरक्षण के जन प्रयास के अन्तर्गत चिपको आन्दोलन का इसी अध्याय में अलग से वर्णन किया जायेगा।

कृषि (Agriculture)

पह मानव द्वारा विकसित मुख्य कृत्रिम पारिस्थितिक तंत्र है जिसने प्रकृतिक पारिस्थितिक तंत्र को प्रतिस्थापित किया है। इसमें मानव द्वारा एक ही प्रजाति के पौधों का विकास संरक्षण तथा प्रबन्ध किया जाता है। आज विश्व की आधी से अधिक जनसंख्या कृषि कार्यों में लगी हुई है। भारत कृषि प्रधान देश है। देश की लगभग 80 प्रतिशत आबादी की आजीविका का साधन कृषि ही है। विगत कुछ वर्षों में कृषि क्षेत्र में वैज्ञानिक तथा तकनीकी विकास के साथ चहुमुखी प्रगति हुई है। अतीत में मनुष्य कृषि कार्य के लिए समय समय पर भूमि बदलता रहता था क्योंकि कृषि के कारण मृदा के पोषण स्तर में गिरावट आ जाती थी। जिससे लम्बे समय तक एक ही भूमि पर कृषि संभव नहीं हो पाती थी। औद्योगिक विकास के साथ रासायनिक उर्वरकों का निर्माण नई संकर किस्मों की उत्पत्ति कृषि का यांत्रिकीकरण उद्योगों के विकास के कारण एक ही भूमि पर दीर्घकाल तक कृषि कार्य संभव हो पाया है। इससे जहाँ एक ओर भूमि के सुपार, उर्जा का अधिक मात्रा में सग्रह अधिक खाद्यान्न उत्पादन से जीवन की सम्भावनाओं तथा मानव जीवन को जीवनधारा मिली वहीं दूसरी तरफ इसके दुष्परिणामों में भी अत्यधिक वृद्धि हुई है। उन्नत कृषि द्वारा खाद्यान्न उपलब्धि के कारण जनसंख्या में त्वरित वृद्धि होने से अनेक सामाजिक आर्थिक राजनैतिक तथा पर्यावरणीय समस्याएँ उत्पन्न हो गईं। विस्तृत कृषि मनुष्य अभिविक्त पारिस्थितिकी तंत्र है। कृषि के आधुनिकरण यांत्रिकीकरण के फल स्वरूप कृषि अब समाज के कुछ व्यक्तियों तक ही सिमटकर रह गई है। इससे समाज में आर्थिक वर्ग भेद बढ़ा है बेरोजगारी को बढ़ावा मिला है लोगों का बड़ी संख्या में रोजगार की तलाश में शहरों की ओर पलायन भी बढ़ा है। जिससे नगरी महानगरी की आबादी में विगत वर्षों में तीव्र वृद्धि हुई है इसका हमारे आर्थिक सामाजिक राजनैतिक नैतिक स्तर तथा मानवीय सम्बन्धों पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ा है। कृषि के लिए इन क्षेत्रों का संरक्षण किया गया। कृषि में उर्वरकों के अत्यधिक प्रयोग अधिक सिंचाई से भूमि अम्लीय, क्षारीय या लवणीय हो जाने की सम्भावना प्रबल हो गई है प्रयुक्त नाइट्रोजन युक्त उर्वरकों का अधिकांश भाग अन्ततः रासायनिक क्रिया द्वारा नाइट्रोजन के आक्साइड के रूप में

विमुक्त होकर वायुमण्डल में पहुँच जाते हैं। अत्यधिक सिंचाई तथा वर्षा के कारण नाइट्रोजन तथा फॉस्फोरस के लवण पानी के साथ बहकर नदियों, नालों, जलाशयों तथा भूमिगत स्रोतों तक पहुँच कर उन्हें संपृक्त कर देते हैं। इस प्रकार उनका पोषण स्तर बढ़ जाने से प्लवक तथा जल वनस्पति की जल स्रोत में मात्रा बढ़ जाती है। जिससे जल स्रोत प्रदूषित होते हैं तथा सिंचाई भी प्रभावित होती है। सिंचाई के भूमिगत जल के अधिकाधिक उपयोग से जलस्तर नीचा होता जाता है और भूमि की उपरी परत की शुष्कता बढ़ती जाती है जो अन्ततः उसे मरुस्थल में परिवर्तित कर देती है। राय चौधरी (1963) ने पश्चिमी उत्तर प्रदेश तथा राजस्थान के अधिकांश भू-भाग में लवणीय भूमि की उपस्थिति के लिए दोषपूर्ण सिंचाई और कृषि पद्धतियों को ही उत्तरदायी माना है। पुरातात्विक अन्वेषणों से यह प्रमाणित हो चुका है। अधिकांश रेगिस्तानों का निर्माण एवम् प्रसार मानवीय गतिविधियों विशेषकर कृषि के कारण हुआ है। राजस्थान में आज जहाँ धार मरुस्थल है वहाँ कभी पर्याप्त वर्षा होती थी। भूगर्भीय जल भी सामान्य से अधिक था तथा चारों ओर लहलहाती वनस्पतियाँ थी। अतीत में सघन और विस्तृत खेती वाली कृषि आधारित सभ्यताएँ अधिकांशतः अब विलुप्त हो चुकी हैं जैसे—सिन्धु नदी घाटी सभ्यता।

जब भूमि कृषि योग्य न रहने पर खाली छोड़ दी जाती है तब तेज हवा के साथ मृदा अपरदन बढ़ जाता है तथा भूमि मरुस्थलीय होने लगती है। कृषि में उन्नत तक रिकिस के बीजों के उपयोग करने से कृषि उपज तो बढ़ जाती है परन्तु इसके लिए अधिक ऊर्वरक (खनिज), जल तथा ऊर्जा की आवश्यकता होती है और यदि इसमें कीटनाशकों, रोग नाशकों तथा पर्यावरणीय हानि की कीमत भी जोड़ दी जाए तो इसे किसी भी रूप में आर्थिक दृष्टि से लाभकारी नहीं कहा जा सकता है। खाद्यान्न उत्पादन में वृद्धि के लिए कृषि में किये गये औद्योगिकीकरण से मृदा अपरदन, लवणता में वृद्धि, कार्बनिक तत्वों का मृदा में ह्रास, सस्यकारी फैलने का अदृश, कीटनाशक, शाकनाशी रसायनों के प्रयोग से जल, वायु तथा भू-प्रदूषण का खतरा बढ़ता ही जा रहा है। इसलिए हमें आज परिस्थितिकी सोच पर आधारित कृषि प्रबन्ध व्यवस्था अपनाने की आवश्यकता है जिसमें मृदा संरक्षण, कीटनाशक, रोगनाशक, शाकनाशक आदि रसायनों के न्यूनतम उपयोग, रसायनिक ऊर्वरकों के स्थान पर कार्बनिक खाद तथा अपशिष्ट पदार्थों के उपयोग पर ध्यान केन्द्रित किये जाने की आवश्यकता है। कृषि भूमि में मृदा क्षरण को रोकने के लिए वर्ष भर वनस्पति आवरण रखा जाय। चाहिये। कृषि में जहाँ तक सम्भव हो एक ही स्थान पर एक ही जाति के स्थान पर मित्र जाति के पौधों की मिश्रित खेती की जानी चाहिए। भूमि की उर्वरकता, खरपतवार तथा कीटों की अनेक समस्याओं पर फसल बदल बदल कर उगाने से कुछ हद तक नियंत्रण पाया जा सकता है।

घास के मैदान और चारागाह

मनुष्य अतीत से ही अनेक शाकाहारी पशुओं को खेती, सवारी, बोसा बोलने, गाड़ी खिचने के अतिरिक्त दुध, फर, चमड़ा, ऊन आदि के लिए पालता रहा है। पशुपालन की दृष्टि से घास के मैदान तथा चारागाहों का विशेष महत्व है। विश्व के कुछ भूभागों की जलवायु घास या घास के समान पौधों की वृद्धि के अनुकूल है तथा जहाँ इन के चरम समुदाय पाये जाते हैं जैसे—स्टेपी, प्रेयरी, सवाना।

भारत की जलवायु विशेषतः काशीय वनस्पति के अनुकूल है तथापि कई स्थानों पर शाकीय पौधे तथा घास के मैदान भी पाये जाते हैं जो अधिकांशतः अतिचारण अर्थात् जैविक विक्षेप या आग के प्रभावों से विकसित हुए हैं। इनमें अफ्रीका तथा मध्य उत्तरी अमेरिका के चारागाह प्रमुख हैं। भारत में पशुधन की संख्या बहुत अधिक है परन्तु घास स्थलों की कमी के कारण स्वस्थ नहीं है। इसलिए घास स्थलों का क्षेत्रफल तथा पौध उत्पादन को बढ़ाने की आवश्यकता है। इसके अतिरिक्त पारिस्थितिकी दृष्टिकोण से भी घास के मैदान धूम्र संरक्षण के लिए भी महत्वपूर्ण हैं। अतिचारण (Over grazing) के दुष्परिणाम के अन्तर्गत प्रायः पादप समुदाय का अनुक्रमण (Succession) विपरीत दिशा में होने लगता है। घास स्थल से वनस्पतियों के विलुप्त होने के कारण भूक्षरण प्रारम्भ हो जाता है।

अधिकांश पशु विशेष प्रकार के पौधों या घास को ही चरते हैं जिससे इन उपयोगी पौधों की वृद्धि पर विपरीत प्रभाव पड़ता है। इस प्रकार समुदाय में अवांछित पादप ही रह जाते हैं तथा समुदाय के बाहर से भी अवांछित पौधे समुदाय में प्रवेश कर जाते हैं। मृदा के सख्त होने तथा मृदा के ग्रथन में परिवर्तन आने से मृदा की जल धारण क्षमता कम हो जाती है और जल गुल्मकार्कण के भूमिगत जल स्रोतों में न जाकर सतह पर ही बह जाता है। साथ ही साथ मृदा की पोषकता भी नष्ट होने लगती है। चारण के कारण बीजों का उत्पादन घट जाता है तथा भूमिगत तनों पर स्थित कलिकाओं द्वारा वर्षा प्रजनन की गति बढ़ जाती है। पारिस्थितिकी दृष्टि से उपयुक्त प्रबन्ध के लिए ऐसी घास या पौधों को जिनका पोषण स्तर उत्तम हो, मूलायम हो, पशुओं द्वारा पसन्द किये जाते हों और चारण दबाव (Grazing pressure) को सहने की क्षमता रखते हों उन्हें उगने के लिए उचित वातावरण दिया जाना चाहिए। प्रबन्ध के ही अन्तर्गत इन चारागाहों की प्राथमिक उत्पादकता शांत की जानी चाहिए। तदनुसार उचित प्रबन्ध प्रणाली अपनाई जानी चाहिए। घास के मैदानों में प्रायः दो प्रकार के पौधे पाये जाते हैं।

- (i) जिनकी वृद्धि चारण द्वारा प्रभावित होकर शीघ्रता से कम हो जाती है।
- (ii) जिनकी वृद्धि चारण के कारण अधिक हो या अप्रभावित रहती है।

केन्द्रीय घास स्थल और चारण अनुसंधान केन्द्र, झांसी इसी दिशा में कार्य कर रहा है। चारागाहों के उचित प्रबन्ध के लिए निम्न विधियाँ काम में लाई जाती हैं।

(1) स्टॉक लेवल पॉलिसी (Stock level policy) प्रत्येक चारागाह (Pasture) की अपनी एक आदर्श वहन क्षमता होती है अर्थात् निश्चित क्षेत्रफल का चारागाह, चारण पशुओं की एक निश्चित औसत संख्या को ही वहन करने की क्षमता रखता है जबकि पारिस्थितिकी कारक अनुकूल हों। चारागाह की उत्पादकता जलवायु कारक पर निर्भर करती है। इसलिए प्रत्येक चारागाह में पशुधन की एक ऐसी संख्या सुनिश्चित की जानी चाहिये जिससे अतिचारण (Over grazing) तथा पोषण के अभाव में चारागाह या पशुधन की हानि न हो सके। इसके लिए सामान्यतः वहन क्षमता का 60 या 70 प्रतिशत तक पशुधन की संख्या रखी जाती है। इस तरह चारागाह को अत्यधिक चराई से या सुखा के कारण उत्पादन घटने की दशा में पोषण के अभाव से बचाया जा सकता है।

(2) डेफर्रेड ग्रेजिंग (Deferred grazing) इस प्रक्रिया के अन्तर्गत चारागाह को प्रमुखतः तीन भागों में विभक्त किया जाता है प्रथम भाग में पशुधन को दो वर्ष के लिए

रखा जाता है। तथा अन्य दो भागों को चराई से मुक्त रखा जाता है। इस प्रकार चारण के अभाव में इन में पर्याप्त वृद्धि होने से पादप जैव भार (Biomass) बढ़ जाता है। अब तीसरे और चौथे वर्ष में मवेशियों को दूसरे भाग में रखा जाता है और प्रथम और तृतीय भाग को बिना चारण (Ungrazed) के छोड़ दिया जाता है। अन्त में पाँचवें और छठे वर्ष में पशुओं की तीसरे भाग में छोड़ दिया जाता है तथा भाग प्रथम और द्वितीय को चारण से मुक्त रखा जाता है। इस प्रकार यह प्रक्रिया पुनः पुनः अपनाई जाती है। इस तरह चारण को स्थायी रूप से नष्ट होने से बचाया जाता है तथा वर्ष भर चारणगाह पोषक घास से भरा रहता है। यहाँ पशुधन की औसत संख्या का ध्यान रखना आवश्यक है। यह उस चारणगाह की वहन क्षमता (Carrying capacity) से अधिक नहीं होना चाहिये।

(3) अग्नि (Fire) चारण के अयोग्य जातियों को नष्ट करने के लिए कभी कभी एक वर्ष या अधिक के अन्तराल पर चारणगाह को जला दिया जाता है। जिससे चारणगाह में इन जातियों की प्रभुत्व स्थापित न हो सके। यदि आग लगने के पश्चात् कुछ समय तक वर्षा न होनी तथा तेज हवा से राख अन्यत्र उड़कर नहीं जाती है तो उस चारणगाह के उपजाऊपन में अत्यधिक वृद्धि हो जाती है क्योंकि राख में पोषक खनिज उपस्थित रहते हैं।

(4) रीसीडिंग (Reseeding) चारणगाह की मृदा उर्वरता बनाये रखने के लिए तथा घास की अच्छी वृद्धि के लिए कभी कभी घास लेग्यूम (जो वायुमण्डलीय नाइट्रोजन का स्थिरीकरण करते हैं) का उपयुक्त मिश्रण को बीज द्वारा उगाया जाता है। इस प्रकार की प्रक्रिया में बड़े क्षेत्र में बीज वितरण के लिए बीजों का हवाई छिड़काव किया जाता है।

वन्य जीव संरक्षण

यथार्थ परक परिभाषा के अनुसार वनो या अपने प्राकृतिक आवासों में पाये जाने वाले अपालित (Non-domesticated) जंगली पशु-पक्षियों को वन्य प्राणी कहा जाता है। इसने पेड़ पौधों को भी सम्मिलित कर लेने पर वन्य जीवन (Wild life) की संज्ञा दी जाती है। किसी भी पारिस्थितिक तंत्र की कार्य प्रणाली तथा संरचना का अध्ययन करने पर हमें इनका महत्व स्पष्ट दृष्टिगोचर होता है। किसी भी पारिस्थितिक तंत्र में इन जैविक घटकों का ऊर्जा प्रवाह (Energy flow) और खनिज पदार्थों के परिसंचरण में अत्यन्त महत्वपूर्ण भूमिका होती है। ये ही तंत्र को स्थायीत्व प्रदान करते हैं। इसके अतिरिक्त इन वन्य प्राणियों से प्रोटीन, भोजन, फर, चमड़ा तथा अन्य उत्पाद प्राप्त होते हैं। इस आर्थिक लाभों के अतिरिक्त वन्य जीवन हमें सौन्दर्य बोध, आध्यात्मिक चिन्तन का वातावरण तथा मनोरंजन (पर्यटन, आखेट प्रकृति, वास आदि) प्रदान करते हैं। अनादिकाल से मनुष्य वन्य प्राणियों का शिकार करता आया है। अपनी स्वार्थ पूर्ति के लिए मनुष्य ने कुछ को पालतू बनाया तो कुछ का शिकार किया। उसके प्राकृतिक वास से वनों को काटकर उसके अस्तित्व को सकट में डाल दिया है। आज वनों के साथ साथ वन्य प्राणियों का भी द्रुत गति से विनाश होता जा रहा है। जिसके फलस्वरूप पारिस्थितिक संतुलन बिगड़ रहा है।

और हम विभिन्न प्रकार के प्रदूषण के शिकार हो रहे हैं। मानव की अतिक्रमण प्रवृत्ति, स्वार्थ परता, लोलुपता तथा निर्मल दृष्टि के कारण सन्तुर्ग जैवमण्डल की पारिस्थितिक व्यवस्था असंतुलित होती जा रही है। वन्य जीवन के प्रति प्रेम और आदर भावना, भारतीय संस्कृति का अभिन्न अंग रही है। पुराणों में वन्य प्राणियों को देवी देवताओं के वाहन के रूप में प्रतिष्ठित किया गया है। उसी भारत वर्ष में वन्य प्राणियों का तीव्रता के हास किया जा रहा है। भारत की विभिन्न पर्यावरणीय परिस्थितियों के कारण यहाँ के वन्य जीवन में भी विविधता पायी जाती है। विश्व की ज्ञात लगभग ढाई लाख वनस्पतियों में पन्द्रह हजार सिर्फ भारत में हैं और ज्ञात पन्द्रह लाख प्राणियों में से पचहत्तर हजार भारत की देशज हैं।

उक्त दृष्टि से वन्य प्राणियों को भी प्रमुख संसाधन माना जाता है तथा इसके लिए प्रबन्ध की विशेष आवश्यकता है। प्रायः नस्य पालन को इससे पृथक् रखा जाता है परन्तु सभी प्राणियों के लिए पारिस्थितिकी सिद्धान्त समान रूप से लागू होते हैं। संरक्षण की दो प्रमुख विचार धाराएँ या विधियाँ प्रस्तुत की गई हैं।

(i) स्वस्थाने संरक्षण (In situ conservation)

(ii) उत्स्थाने संरक्षण (Ex situ conservation)

(i) स्वस्थाने संरक्षण (In situ conservation) — इसके अन्तर्गत जीव जन्तुओं तथा पौधों का संरक्षण उनके प्रकृतिक वासों में ही या मानव निर्मित कृत्रिम पारिस्थितिकी तंत्र का यथोचित प्रबन्ध करके किया जाता है। संरक्षण की यह विधि अधिक उपादेय है। इसी उद्देश्य से अनेक क्षेत्रों को कानून द्वारा सुरक्षित क्षेत्र (Protected areas) घोषित किया जाता है। राष्ट्रीय उद्यान (National parks), अभ्यारण्य (Sanctuaries) जैव मण्डल आरक्षित क्षेत्र (Biosphere reserves), प्राकृतिक स्मारक (Natural monuments) आदि इसी उद्देश्य से बनाये गये हैं। पालित जन्तुओं के लिए यह विधि उपयुक्त नहीं है।

(ii) उत्स्थाने संरक्षण (Ex situ conservation) — जीवों को उनके मूल स्थान से हटाकर अन्यत्र संरक्षण प्रदान करने की इस विधि को उत्स्थाने संरक्षण कहा जाता है। इसी उद्देश्य से आनुवंशिक संसाधन केन्द्र (Genetic resources centres), जन्तु उद्यान (Zoological parks), वनस्पति उद्यान (Botanical gardens) की स्थापना की जाती है। जीन बैंक (Gene bank) की अवधारणा भी इसी पर आधारित है। हमारे देश में भी राष्ट्रीय पादप आनुवंशिकी संसाधन संस्थान (National Bureau of Plant Genetic Resources) की स्थापना इसी दृष्टि से की गई है।

आज भी हमारे देश में पक्षियों की लगभग 1200 जातियाँ, 2100 उपजातियाँ, स्तनधारियों की 500 जातियाँ तथा कीटों की 20,000 से अधिक जातियाँ पाई जाती हैं। आज जब हमें इनके विलोपन का अहसास हुआ है तब तक स्तनधारियों की 66, पक्षियों की 38 तथा उभयचरों एवं सरीसृपों की सम्मिलित रूप से लगभग 18 जातियाँ विलुप्त हो चुकी हैं। प्रो० टी० एन० खुसू (1984) के अनुसार भारत में पौधों की लगभग 134, स्तनधारियों की 18, पक्षियों की 47 तथा सरीसृपों की 15 जातियाँ विलोपन के छतरे में हैं। इस प्रकार विभिन्न पशुपक्षियों की 600 जातियाँ तथा पौधों की 3000 जातियाँ संरक्षित

किये जाने की आवश्यकता है। भारत में अधिकाधिक सख्मा में पाये जाने वाला शिकारी चीता तो विलुप्त ही हो गया है। बंगाल, मणीपुर, मध्यप्रदेश का शाही चिता जिसकी अनुमानित सख्मा कभी 40,000 थी, 1972 की गणना में घटकर लगभग 1827 ही रह गयी थी। लगभग 200 एशियाई शेर गुजरात के “गिर” जंगलो तक ही सीमित रह गया है। दुर्लभ भारतीय श्वेत बाघ बीसवी सदी के प्रारम्भ में असम, उड़ीसा और मध्यप्रदेश में देखे गये परन्तु ये वन्य जीव विश्व में सर्वप्रथम रीवा (म० प्र०) रियासत के दक्षिण पूर्वी जंगल में देखे गये थे। इसके अतिरिक्त देश के विभिन्न भागों में पाये जाने वाले हिरण भी सकटापन्न प्राणियों में गिने जाने लगे हैं। ब्रा-एण्टलार्ड हिरण की सख्मा 1977 तक सिर्फ 18 रह गई थी। भारत के मैदानी भागों में पाया जाने वाला एन्टीलोप तथा ब्लैक बक (कासा हिरण) जो कभी हजारों की सख्मा में पाया जाता था। आज देश के कुछ भागों में कठिन सरक्षण के कारण अस्तित्व में रह पाया है। सोहन पक्षी (बस्टर्ड) कभी पंजाब, मैसूर, सिन्ध, कठियावाड़ तथा उड़ीसा में बहुतायत में पाया जाता था, आखेट के कारण लुप्त प्रायः हो गया है। जैसलमेर, गुजरात और महाराष्ट्र में ही कुछ पक्षी पाये जाते हैं। गुलाबी सिर वाली बतख तथा जेर्न्स कोरसर तो भारत से लुप्त ही हो गई है। गंगा के घड़ियाल, मगरमच्छ आदि भी अधिक शिकार के कारण विलोपन के कगार पर पहुँच गये हैं। विलोपन के ये उदाहरण तो सिर्फ भारत वर्ष से हैं। विश्व में तो यह स्थिति ओर भी भयावह है।

विलोपन के कारण-वैसे तो प्रकृति में विलोपन एक जैविक सत्यता है लेकिन असमय, अकाल मृत्यु या विलोपन, वह भी मानवीय गतिविधियों के कारण, पारस्त्वितिकी सतुलन के लिए गम्भीर खतरा है। वन्य जीवन विलोपन के मुख्य कारण प्रकृति में हुए परिवर्तनों, प्राकृतिक वासों के विनाश, वनों का अविवेक पूर्ण दोहन, कृषि विस्तार, अत्याधिक चारण, वन्य जीवों से प्राप्त होने वाली खासों, फलों, विलासी भोजन, प्रसाधन सामग्रियों, सजावटी चीजों और मनोरंजन के लिए अधिक शिकार और अवैध व्यापारिक हित तथा बढ़ते हुए औद्योगिकीकरण और शहरी करण से पर्यावरण में हुए परिवर्तन आदि हैं। जिनके कारण आज कई वन्य जातियाँ सकटापन्न और दुर्लभ जातियों की श्रेणी में पहुँच गई हैं।

सरक्षण हेतु प्रयास — भारत सरकार ने वन्य जीव सरक्षण अधिनियम 1887 से लागू किया। स्वतंत्रता के पश्चात् वर्ष 1952 में भारत सरकार ने वन्य जीवन सरक्षण हेतु “भारतीय वन्य जीवन बोर्ड (IBWL) की स्थापना की गई और उसके द्वारा उनकी सुरक्षा के लिए राष्ट्रीय पार्क, वन्य अभ्यारण्य आदि बनाये गये। विश्व स्तर पर वन्य जीवों के सरक्षण हेतु यूरोप के सम्पन्न व्यक्तियों द्वारा “वर्ल्ड वाइल्ड फंड (WWF)” की स्थापना की गई। इसकी एक शाखा भारत में दिल्ली में है। वन्य जीव (सुरक्षा) अधिनियम (1972) में संशोधन किया गया। इसके अनुसार उन प्रजातियों के व्यापार व शिकार पर प्रतिबन्ध लगा दिया गया है जिनका अस्तित्व खतरे में है तथा उनसे प्राप्त चीजों के व्यापार पर भी पाबन्दी लगा दी गई है। भारत में बाघों की गिरती आबादी को दृष्टि में रख कर उनके सरक्षण के उद्देश्य से IBWL की ससुति पर अप्रैल 1973 से बाघ परियोजना (Project

tiger) का शुभारम्भ (कार्बेट राष्ट्रीय उद्यान से) किया गया और सारे देश में 28,017 वर्ग कि० मी० क्षेत्र के अन्दर 14 राज्यों में 18 बाघ सुरक्षित क्षेत्र बनाये गये हैं। वर्ष 1989 तक देश में 67 राष्ट्रीय उद्यान तथा 394 अभ्यारण्य स्थापित किये गये जो 1,41,298 वर्ग कि० मी० क्षेत्र में फैले हुए हैं। यह देश के कुल भौगोलिक क्षेत्र का लगभग चार प्रतिशत है। देश में 13 प्रमुख चिड़ियाघर हैं मैसूर के चिड़ियाघर में सबसे अधिक 87 जातियों के 518 वन्य जीव रहते हैं। दुर्लभ प्राणियों की खालों के अवैध व्यापार को रोकने के लिए भारत ने 1976 में "कन्वेंशन ऑफ इटरनेशनल ट्रेड इन एन्हेजर्ड स्पीशीज ऑफ वाइल्ड फ्लोरा एण्ड फ्लोरा" समझौते पर हस्ताक्षर किये और इसी के तहत 1976 में सोंपे की कच्ची खालों के व्यापार पर प्रतिबन्ध लगाया।

संरक्षण परियोजनाएँ — इस विशिष्ट पारिस्थितिक तंत्र की सुरक्षा तथा आनुवंशिकी विविधता बनाये रखने के उद्देश्य से 14 जैवमण्डल आरक्षित क्षेत्र (Biosphere reserves) की स्थापना की योजना है। जिनमें से 7 नील गिरी (कर्नाटक), नन्दादेवी (उत्तर प्रदेश), नाक्रेक (मेघालय), ग्रेट निकोबार (अण्डमान निकोबार द्वीप समूह), मानस (असम), सुन्दर वन (पश्चिमी बंगाल) तथा मन्नार की खाड़ी (तमिल नाडु) की स्थापना की जा चुकी है। इन जैवमण्डल आरक्षित क्षेत्र में राष्ट्रीय उद्यान जैसे मौजूदा सरक्षित क्षेत्रों को शामिल नहीं किया जाता है। जैवमण्डल आरक्षित क्षेत्र का उद्देश्य पर्यावरण प्रणालियों की आनुवंशिकी विशिष्टताओं को सुरक्षित रखना है। शेष सात जैवमण्डल आरक्षित क्षेत्र हैं — नामदाफ़ (अरुणाचल प्रदेश), उतराखण्ड (उत्तर प्रदेश), चार रेगिस्तान (राजस्थान), कच्छ का छोटा रण (गुजरात), उत्तरी अण्डमान द्वीप (अण्डमान निकोबार द्वीप), कान्हा (मध्य प्रदेश) तथा काजीरंगा (आसाम)। यह कार्यक्रम वर्ष 1973 से यूनेस्को (UNESCO) ने विश्व स्तर पर आरम्भ किया है। सकटापन्न प्रजातियों की सुरक्षा के लिए आरम्भ परियोजनाओं में बाघ परियोजना सफल रही है। इसी तरह 1972 से गुजरात में आरम्भ गिर शेर अभ्यारण्य परियोजना (1,412 वर्ग कि० मी०) से एशियाई शेरों (*Panthera lion persica*) की संख्या में स्थिरता आई है। इस पशु विहार को अब राष्ट्रीय उद्यान घोषित कर दिया गया है। इसी तरह घड़ियालों और मगरमच्छों की खाल की बढ़ती मांग के कारण इसकी सकटापन्न प्रजातियों को घड़ियाल प्रजनन परियोजना (उड़ीसा) के अन्तर्गत बचा लिया गया है। FAO (Food and Agriculture Organisation) की सन्तुति पर वर्ष 1975 से आरम्भ इस परियोजना के अन्तर्गत 16 केन्द्र विभिन्न राज्यों में खोले गये हैं, इन्हीं में से एक राजस्थान के कोटा जिले में स्थापित किया गया है। यह परियोजना भी काफी सफल रही है। हगुल या कश्मीरी मृग, कस्तूरी मृग तथा ब्रा एण्टलाईड मृग या घामिन के लिए भी तीन अलग-अलग परियोजनाएँ प्रारम्भ की गई हैं। हिमालयी कस्तूरी मृग परियोजना केदारनाथ अभ्यारण्य में शुरू की गई है। ब्रा-एण्टलाईड मृग परियोजना मगीपुर के केदल लाजो पार्क में है। इसी तरह 600 प्रजातियों के भारतीय आर्किड के हो रहे अवैध व्यापार ने इनके लिए भी सकट उत्पन्न कर दिया है। खासी हिल, सिकिम्म को इसी दृष्टि से सरक्षित क्षेत्र घोषित किया गया है। वनों की रक्षा के लिए हिमालय क्षेत्र का विप्लो आंदोलन तथा कर्नाटक का एपिको आंदोलन बहुत सफल हुए हैं। इन्हीं परियोजनाओं से

अर्जित उपलब्धियों, वन्य जीव संरक्षण जन चेतना पैदा करने के उद्देश्य से प्रतिवर्ष अक्टूबर के प्रथम सप्ताह में "वन्य प्राणी सप्ताह" मनाया जाता है।

वन्य जीवन के प्रबन्ध और संरक्षण के लिए स्वस्थान विधियों के साथ, उस पर्यावरण की वहन क्षमता, जीवों की पारिस्थितिकी आवश्यकताओं और सहन सीमाओं तथा वृद्धि दर का भी अध्ययन किया जाता चाहिये। वन्य पौधों में आनुवंशिकी गुणों का अक्षय भण्डार है जिनका उपयोग समय समय पर संकरण में किया जाता रहता है। इस दृष्टि से भी वन्य जीवन का संरक्षण किया जाना चाहिये।

IUCN

अन्तर्राष्ट्रीय प्रकृति संसाधन संरक्षण संगठन आई० यू० सी० एन० (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources)-- यह एक स्वतंत्र अन्तर्राष्ट्रीय संगठन है जिसका गठन वर्ष 1948 में हुआ था। इसका मुख्यालय स्वीटजरलैंड के मोरगस (Morges) जनपद में है। इसके अध्यक्ष प्रख्यात भारतीय कृषि वैज्ञानिक डॉ० एम० एस० स्वामीनाथन हैं। इस संगठन के तत्वाधान में अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर पौधों तथा जन्तुओं के संरक्षण के लिए परियोजनाएँ बनाई तथा क्रियान्वित की जाती हैं। यह संगठन अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर विभिन्न कार्यशील सस्थाओं जैसे UNO, FAO, UNESCO आदि में समन्वय का कार्य भी करती है। इसी संगठन के उत्तर जीविता सेवा आयोग (Survival service commission or SSC) ने विश्व स्तर पर लुप्तप्राय लगभग 1000 प्राणी जातियों को अपनी लाल आकड़ों की पुस्तक (Red data book) में सूचीबद्ध किया है। इस संगठन ने वर्ष 1981 में FAO, UNESCO, UNEP तथा WWF के सहयोग तथा आर्थिक अनुदान से प्राकृतिक ससाधनों के संरक्षण हेतु एक प्रलेख (document) तैयार किया। जिसे विश्व संरक्षण मुक्ति (World conservation strategy) कहा गया। इस प्रलेख को 20 खण्डों तथा प्रत्येक खण्ड को अनेक पैरा में विभक्त किया गया है। जिनमें संरक्षण हेतु अग्रताएँ (Priorities) तय की गई हैं तथा राष्ट्रीय और अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर क्रियान्वयन का आह्वान किया गया है। अनेक देशों के साथ भारत ने भी वर्ष 1980 में ही इसकी अनुशंसाओं को स्वीकार कर लिया है। इस संगठन ने लगभग 40 अन्तर्राष्ट्रीय परिपाटियों (International conventions) की एक सूची बनाई है। जिसका अनुपालन विभिन्न देशों द्वारा अपेक्षित है। इन परिपाटियों में निम्न चार प्रमुख हैं -

- (i) आर्द्र भूमि परिपाटी (Wet land convention) यह आर्द्रभूमि (wet land) के संरक्षण से सम्बन्धित है।
- (ii) विश्व धरोहर परिपाटी (World heritage convention) यह विश्व धरोहरों के संरक्षण के सदर्भ में है।
- (iii) कन्वेंशन ऑन इन्टरनेशनल ट्रेड इन एन्डेंजर्ड स्पीशीज ऑफ़ वाइल्ड फ़ौना एण्ड फ़्लोरा (Convention of International trade in endangered species of wild fauna and flora) संकटापन्न जातियों के प्रबन्ध व संरक्षण के सदर्भ में।
- (iv) प्रवासी जातियाँ परिपाटी (Migrating species convention) इसके अन्तर्गत चक्रीय या सिजनल (Seasonal) प्रवास करने वाली जीव-जातियों को संरक्षण प्रदान किया जाता है।

वर्ष 1989 में IUCN ने WWF के साथ मिलकर वनस्पति उद्यान संरक्षण युक्ति (Botanical garden conservation strategy) का प्रकाशन किया। जिसमें पादप आनुवंशिक ससाधनो (Plant genetic resources) के संरक्षण में वनस्पति उद्यानो (Botanical gardens) के योगदान को प्रतिपादित किया गया है। इस तरह IUCN विश्व की विभिन्न देशों को मार्गदर्शन तथा आपसी समन्वयन को निरन्तर प्रोत्साहित कर रहा है।

संकटापन्न प्राणी तथा पादप - साल आंकड़ों की पुस्तक (Endangered animals and plants -- Red Data Book) -- IUCN के उत्तर जीविता आयोग (Survival service commission or SSC) के 1966 के सर्वेक्षण के आधार पर विश्व संकटापन्न जीवजन्तु तथा पौधों की सूची को लाल आंकड़ों की पुस्तक (Red Data Book) में प्रकाशित किया है। दो खण्डों (Volume) में प्रकाशित इस पुस्तक में स्तनधारी जन्तुओं (Mammals) की 305 जातियाँ, पक्षियों की 400 जातियाँ, मछलियों की 193 जातियाँ तथा उभयचरो तथा सरीसृपों की 138 जातियों के लुप्तप्राय होने का खतरा है। पुस्तक में वर्णित सूची के अनुसार विश्वभर में अनुमानतः 25,000 जातियाँ संकटापन्न हैं। हमारे देश में भारतीय वनस्पति सर्वेक्षण विभाग (Botanical Survey of India - BSI) द्वारा वर्ष 2000 A.D. तक भारत के वनस्पति जात (Floras) का प्रकाशन 24 खण्डों में होने की आशा है। अभी तक देश एक 3/5 भाग का सर्वेक्षण कार्य सम्पन्न हो चुका है। भारतीय वनस्पति सर्वेक्षण विभाग द्वारा वर्ष 1992 तक देश की सभी संकटापन्न या संकटग्रस्त पादप जातियों की सूची तैयार कर ली जायेगी। भारत सरकार के पर्यावरण विभाग (Department of Environment - DOE) ने उक्त सर्वेक्षण के सहयोग से संकटापन्न जातियों की सूची प्रकाशित की है। जिसे लाल आंकड़ों की पुस्तक कहा गया है। इस पुस्तक के दो खण्ड क्रमशः वर्ष 1988 और 1989 में प्रकाशित हो चुके हैं। जिसमें क्रमशः 235 तथा 200 संकटग्रस्त जातियों के नाम सूची बद्ध हैं। इस समय विश्व के दस प्रतिशत पुष्पधारी पौधे विलोपन के खतरे के अन्तर्गत हैं।

इसी तरह भारतीय जन्तु सर्वेक्षण विभाग (Zoological Survey of India - ZSI) द्वारा वर्ष 2000 A.D. तक भारत के प्राणीजात (Fauna) के 6 खण्डों में प्रकाशन का लक्ष्य निर्धारित किया गया है। अब तक देश के लगभग 1/3 भाग का सर्वेक्षण कार्य पूर्ण हो गया है। राष्ट्रीय प्राकृतिक इतिहास संग्रहालय के अनुसार भारत में 137 जीव जन्तु संकटापन्न अवस्था में हैं। भारतीय जन्तु सर्वेक्षण विभाग द्वारा संकटग्रस्त जन्तुओं की रेड डाटा बुक के वर्ष 1995 तक प्रकाशित होने का अनुमान है। विलोपन के इस आसन्न खतरे के फलस्वरूप देश में वन्य जीवन संरक्षण को पर्याप्त महत्व दिया जाने लगा है। आज तक भारत में अनुमानतः लगभग 200 जन्तु जातियाँ विलुप्त हो चुकी हैं। संकटग्रस्त कुछ जातियाँ निम्न प्रकार हैं -

मैंद (Rhinceros), नीलगाय (Nilgai) गिर सिंह (Gir Lion) बाघ (Tiger), मगरमच्छ (Crocodile), सोहन पक्षी या सारंग (Bustard) कृष्णसार (Black Buck), चीतल (Chinkara), बारह सिंग (Antelope), हसावर (Flamingo), हवासिल (Pelican), घूसर बगला (Grey Heron), पर्वतीय बटेर (Mountain Quail) आदि।

चिपको आन्दोलन (Chipko Movement) —

वनो की जीवन धारित उपयोगिता तथा वनों के विनाश के दुष्परिणामों के परिपेक्ष्य में हिमालय क्षेत्र में सातवें दशक की शुरुआत में स्थानीय ग्रामीण जनता द्वारा जंगलों की अंधाधुंध कटाई रोकने के लिए पेड़ों को बाह भर कर लिपट जाने के सामूहिक शांतिपूर्ण संघर्ष के रूप में चिपको आन्दोलन वन प्रबंध की एक युक्ति के रूप में शुरू हुआ, पर बाद के वर्षों में यह जन आन्दोलन सुदूर के गाँव-गाँव में हजार-हजार रूपों में अभिव्यक्त हो रहा है। इस आन्दोलन का नेतृत्व एवम् प्रसार राष्ट्रीय तथा अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर श्री सुन्दर लाल बहुगुणा व चण्डी प्रसाद भट्ट द्वारा किया गया। वन संरक्षण युक्ति के रूप में जन आन्दोलन का सर्वप्रथम दृष्टान्त हमारे प्रान्त राजस्थान में मिलता है। जहाँ वर्ष 1731 में जोधपुर से 25 कि० मी० की दूरी पर स्थित खेजडली ग्राम की विश्वनोई महिला अमृता देवी द्वारा इस क्षेत्र की प्रमुख प्रभावी वृक्ष खेजड़ी (*Prosopis cineraria*) या जौटी वृक्ष को राजाह्मा के तहत काटे जाने के प्रबल विरोध के रूप में किया तथा इस क्रूर को अपने धर्म विरुद्ध माना। उस समय इस वृक्ष की रक्षा करने में स्वयं अमृता देवी, उनके पति रामोजी तथा पुत्रियाँ (आशीबाई, रतनी बाई तथा भगवती) सहित 363 विश्वनोईयों ने अपने प्राणों का उत्सर्ग कर दिया। तत्पश्चात् तात्कालीन महाराजा अजीत सिंह ने क्षेत्र में खेजड़ी वृक्ष के कटान पर तुरन्त प्रतिबन्ध लगा दिया। इस आन्दोलन के शहीदों की स्मृति में प्रतिवर्ष यहाँ एक मेला आयोजित किया जाता है। जिसमें पर्यावरण संरक्षण के इन प्रयासों के जीवन्त रखने के प्रश्न को दोहराया जाता है। इसी तरह का एक आन्दोलन “रुख भाईला” बासवाड़ा क्षेत्र की आदिवासी महिला साइकी ने शुरू किया था। इसी प्रकार के अन्य जन आन्दोलन हिमालय क्षेत्र में और भी हुए हैं लेकिन इसने “चिपको आन्दोलन” सर्वाधिक सफल एवम् महत्वपूर्ण रहा है।

चिपको आन्दोलन की पृष्ठ भूमि — सांस्कृतिक चेतना और प्रगति के इस दौर में स्वतन्त्रता के बाद हिमालय के वन संसाधनों का वृहद स्तर पर व्यावसायिक उपयोग किया जाने लगा। सरकार की वन सम्बन्धी नीतियों के परिणामस्वरूप वनों के निरन्तर विनाश से अलकनन्दा नदी घाटी तथा भागीरथी नदी में सत्र के दशक में भूस्खलन (ढावाघाट, 1977 व कानादिमागढ़ 1978), सूखे, बाढ़ तथा भूक्षरण की कई घटनाएँ हुईं। स्थानीय निवासी वनों के व्यावसायिक कटान का लगातार विरोध करते रहे। चण्डी प्रसाद भट्ट के नेतृत्व में चमोली जिले के मलारी घाटी में वनों की नीलामी का तीव्र विरोध किया गया। वन गतिविधियों में हर प्रकार की ठेकेदारी प्रथा की समाप्ति की मांग करते रहे। साथ ही साथ वनपयोग के अधिक अधिकार दिलाने के लिए संघर्ष रत थे परन्तु साठ के दशक तक कोई सगठित प्रयास नहीं किये गये थे। वर्ष 1970 के प्रारम्भ में उत्तरकाशी में गनोत्री ग्राम स्वराज्य सघ तथा गोपेश्वर, चमोली, गढ़वाल में दशोली ग्राम स्वराज्य मंडल की स्थापना की गई जो मुख्य रूप से वनों के व्यावसायिक शोषण के विरोध के केन्द्र बिन्दु बन गये। इन स्वयंसेवी संस्थाओं ने कई छोटे बड़े आन्दोलनों का नेतृत्व किया। स्थानीय जनता तथा आन्दोलन के लगातार बढ़ते दबाव के बाद सरकार ने ठेकेदारी प्रथा को समाप्त कर उत्तर प्रदेश वन विकास निगम (U.P. Forest Development Cooperation -

UPFDC) की स्थापना की। वनों का व्यावसायिक शोषण प्रभावी स्थानीय व्यक्तियों के माध्यम से होता रहा। अतः अब स्वयंसेवी संस्थाओं द्वारा पारिस्थितिकी दृष्टि से संवेदनशील क्षेत्रों का पता लगाकर व्यापारिक आधार पर वनों के कटान पर पूर्ण प्रतिबन्ध की मांग की जाने लगी। सरकार द्वारा अलक नन्दा नदी घाटी ऊपरी आवाह क्षेत्र (Catchment Area) का लगभग 1200 वर्ग कि० मी० क्षेत्र और रेणीगाँव को पर्यावरणीय दृष्टि से संवेदनशील क्षेत्र घोषित किया गया। दिसम्बर 1972 में टेहरी गढ़वाल के रेणी ग्राम की महिलाओं द्वारा सरकारी ठेकेदारों से सघर्ष करते हुए तथा वनों के कटान को रोकते हुए चिपको आन्दोलन का उदय हुआ। मार्च 1974 में इसी गाँव की गौरादेवी ने चिपको आन्दोलन की कर्मठ कार्यकर्ता के रूप में पुष्पो की अनुपस्थिति में दो दिन दो रात तक जंगल में अपनी महिला सहयोगियों के साथ रहकर तथा वृक्षों से चिपक कर वनों को काटने वाले ठेकेदारों और मजदूरों से सघर्ष किया। बाद के वर्षों में भी उन्होंने इस आन्दोलन को नये आयाम दिये। हाल ही में 7 जुलाई 1991 में उनका देहावसान हो गया। चिपको शब्द महिलाओं की भावनात्मक पुकार थी जो पेड़ों को बचाने के सघर्ष में बाह भर लिपट जाने के साथ अभिव्यक्त हुई। इस तरह इसे चिपको आन्दोलन की सज़ा दी जाने लगी। फरवरी 1978 में टेहरी गढ़वाल के अडवाणी गाँव के उग्र आन्दोलनकारी महिलाओं पर पुलिस ने गोली चलाई। अनेक आन्दोलनकारियों को जेल में डाल दिया गया। परन्तु तब तक आन्दोलन की बागडोर कर्मठ कार्यकर्ता सुन्दर लाल बहुगुणा के हाथ में आ गई थी। बहुगुणा ने सघर्ष का मुख्य केन्द्र अडवाणी तथा बुढ़कर गाँव को रखा। शनैः शनैः यह आन्दोलन चण्डी प्रसाद भट्ट और सुन्दर लाल बहुगुणा के सामुहिक नेतृत्व में सन्तूर्ण उत्तराखण्ड में फैल गया। सुन्दर लाल बहुगुणा ने जून 1982 में लंदन में आयोजित संयुक्त राष्ट्र पर्यावरण कार्यक्रम (United Nations Environment Programme) की बैठक में आन्दोलन की रूप रेखा, पृष्ठ भूमि तथा नीति को स्पष्ट करते हुए बताया कि हिमालय क्षेत्र के वन मृदा, जल व पर्यावरण संरक्षण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। अतः क्षेत्र के वृक्षों के कटान पर पूर्ण प्रतिबन्ध लगाया जाना चाहिए। उत्तर प्रदेश सरकार ने वर्ष 1981 में के० के० कोल की अध्यक्षता में एक कमेटी का गठन किया था। पर्यावरण विभाग ने कमेटी की अनुशंसा के आधार पर उत्तर प्रदेश के पर्वतीय क्षेत्रों में 1000 मीटर की ऊँचाई पर वृक्षों के कटान पर पूर्ण प्रतिबन्ध लगा दिया।

चिपको आन्दोलन के उद्देश्य:- चिपको आन्दोलन से पूर्व वनों को केवल वाणिज्यिक दृष्टि से ही सरकारी स्तर पर महत्वपूर्ण समझा जाता रहा था। अन्य लाभ लगभग गींग थे। उस दौर में आन्दोलन का लक्ष्य वनों के व्यावसायिक दोहन को रोकना था। बाद के वर्षों में वनों के महत्व को ध्यान में रखते हुए आन्दोलनकारियों ने वनों के पर्यावरणीय महत्व की जानकारी जन जन तक पहुँचाने का सफल प्रयास किया। इस तरह इस आन्दोलन ने जनमानस को वनों के महत्व के प्रति उद्बलित किया तथा एक नयी वन दृष्टि प्रदान की। वास्तव में आन्दोलन के प्रमुख उद्देश्य निम्न रहे हैं।

- (i) आर्थिक स्वातन्त्र्य के लिए वृक्षों के व्यावसायिक कटान पर पूर्ण प्रतिबन्ध लगाना।

- (ii) वनों का सर्वेक्षण कर लोगों की न्यूनतम आवश्यकताओं के आधार पर उनके अधिकारों को पुनर्निर्धारण किया जाना।
- (iii) बजर भूमि को हटा भरा करने के काम में स्थानीय लोगों की भागीदारी तथा वृक्ष खेती को प्रोत्साहन दिया जाना।
- (iv) वन गतिविधियों में हर प्रकार की ठेकेदारी को समाप्त करना और इसके स्थान पर ग्रामीण समितियाँ गठित करना।
- (v) वनाधारित कुटीर उद्योगों स्थापना करना और इसके लिए कच्चा माल, अर्थ तथा तकनीक उपलब्ध करना।
- (vi) स्थानीय पारिस्थितिकी और आवश्यकताओं पर आधारित प्रजातियों को बनीकरण में प्राथमिकता देना।
- (vii) पारिस्थितिकी सतुलन के लिये वृक्षारोपण के कार्य को गति देना

चिपको आन्दोलन के पाँच वर्ष बाद, 1977 में आन्दोलनकारी महिलाओं ने नारा दिया।

“क्या है जंगल के उपकार, पानी मिट्टी और बरपाद,

पानी मिट्टी और बरपाद, जिन्दा रहने के आधार।

इस आन्दोलन ने घोषणा की कि वनों का मुख्य उत्पाद ईमारती काष्ठ (Timber) नहीं अपितु मृदा, जल और आक्सीजन है। आन्दोलन की शुरुआत वनों के व्यापारिक दोहन के विरोध के रूप में हुई किन्तु बाद के वर्षों में ग्रामीण महिलाओं ने इसे पर्यावरण संरक्षण तथा स्थायी अर्थ व्यवस्था का अभिनव आन्दोलन बना दिया। उत्तराखण्ड के गाँव गाँव में महिला मंगल दलों का गठन किया गया और अब यह वन संरक्षण के साथ-साथ ग्रामोत्थान का आन्दोलन भी बन गया है। इस प्रकार चिपको आन्दोलन की दुनिया में बिजली, वन, स्कूल आदि एक दूसरे से भूल मिल गये हैं। इस आन्दोलन की दृष्टि में वनारोपण के लिए निम्न “एफ” को ध्यान रखा जाना चाहिए — (i) ईंधन (fuel) (ii) चारा (Fodder) (iii) खाद (Fertilizer) (iv) भोजन (Food) तथा (v) रेशा (Fibre), उक्त उद्देश्यों की पूर्ति तथा जन सामान्य को पर्यावरण की शिक्षा देने के उद्देश्य से चिपको कार्यकर्ताओं द्वारा ग्रामीण क्षेत्रों में पदयात्रायें शुरू की गईं। ग्रामीण क्षेत्रों में समय समय पर शिविर आयोजित किये जाते हैं जो सामान्यतया स्थानीय ग्रामीणों की पहल पर होते हैं। स्थानीय ग्रामीण जन इसमें अपने परम्परागत सांस्कृतिक रीति रिवाजों के अनुरूप ढोल, बाजे और बिगुल आदि के साथ सम्मिलित होते हैं। जिन्हें लोक शिक्षण के माध्यम से जानकारी और जन चेतना प्रदान की जाती है। आज चिपको आन्दोलन को सम्पूर्ण देश में स्वीकारोक्ति मिल रही है। आज जन सामान्य यह समझने लगा है कि वन हमारी सांस्कृतिक चेतना तथा राष्ट्रीय विकास के स्तम्भ हैं। चिपको आन्दोलन के निरन्तर प्रयास के कारण आज यह उत्तराखण्ड हिमालय से देश के विभिन्न पर्वतीय क्षेत्रों जैसे कर्नाटक के पहाड़ी भूभाग, राजस्थान के अरावली क्षेत्र तथा मध्य भारत के पर्वतीय क्षेत्रों तक फैल गया है। इस आन्दोलन को नई गति देने के उद्देश्य तथा जनमानस को इसके उद्देश्य से अवगत कराने के लिए बहुगुणा ने अपने कर्मठ अनुयायियों के साथ श्री नगर से सिलिगुड़ी तक 3000 कि० मी० तथा कश्मीर से कोहिमा (नागालैण्ड) तक चिपको पद यात्राएँ की। चिपको आन्दोलन से प्रेरित होकर कर्नाटक में वन संरक्षण के प्रयास के रूप में “अधिको चालुवालि आन्दोलन” चलाया गया।

कर्नाटक के कृष्ण को ने सिंचित क्षेत्र से प्राकृतिक वनों को काटकर वाणिज्यिक महत्व के सागौन व यूकलिप्टस पौधों को वृहद स्तर पर लगाने का विरोध किया। जम्मू-कश्मीर, हिमाचल प्रदेश, दार्जिलिंग क्षेत्रों में भी वनों के व्यावसायिक उपयोग तथा एकल प्रजाति वृक्ष रोपण (Mono culture) जैसे-चीड़, यूकलिप्टस आदि का विरोध किया जाने लगा है। हिमाचल प्रदेश के सेहून्ता गाँव में चिपको कार्यकर्ताओं ने वन विभाग द्वारा रोपित चीड़ की पौधों को उखाड़कर अन्य स्थानीय आवश्यकताओं की पूर्ति करने वाले वृक्ष लगा दिये। इसी तर्ज पर अरावली बचाओ अभियान, उदयपुर, राजस्थान में चलाया जा रहा है। आज विश्व जनमत वन संरक्षण के इस अभिनव आन्दोलन की तरफ तेजी से मुड़ रहा है।

मृदा संरक्षण (Soil conservation)

वस्तुतः मृदा अपने आप में एक जटिल तन्त्र है। पारिस्थितिकी दृष्टि से मृदा पादप उत्पत्ति का माध्यम है जो हजारों वर्षों में जीवों, जलवायु, सूक्ष्मजीव तथा अन्य भौतिक कारकों की अन्योन्य क्रियाओं के परिणाम स्वरूप उत्पन्न होती है। मृदा पृथ्वी के बाहरी पटल की सबसे ऊपरी परत है। स्थलीय पादपों की वृद्धि के लिए मृदा परमावश्यक है। सभी पादप वृद्धि के लिए आवश्यक जल तथा खनिज तत्वों का अवशोषण मृदा से ही करते हैं। कृषि में जिसकी आपूर्ति रासायनिक या कार्बनिक उर्वरकों के रूप में की जाती है। प्रकृति में निरन्तर कार्बनिक पदार्थों की उत्पत्ति तथा खनिज तत्वों के परिसंचरण के कारण मृदा का स्थायित्व बना रहता है। अतः मृदा अनिवार्यतः एक बहुमूल्य प्राकृतिक ससाधन है जिस पर मानव जीवन का अस्तित्व प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से पूर्णतया निर्भर है। कृषि कार्य के लिए निरन्तर एक ही भूमि का उपयोग करने से शीत शीत-मृदा के पोषण स्तर में कमी आने लगती है तथा मृदा के प्राकृतिक गुण नष्ट होने के कारण मृदा पादप वृद्धि के योग्य नहीं रह जाती। विभिन्न कीटनाशी, शाकुनाशी रसायनों के उपयोग से मृदा सूक्ष्म जीवों के नष्ट होने के कारण मृदा का प्राकृतिक सतुलन गड़बड़ा जाता है और अपघटन की क्रिया के प्रभावित होने से खनिज परिसंचरण में बाधा उत्पन्न होती है। मृदा प्रदूषण के सदर्थ में मृदा संरक्षण (Soil conservation) तथा मृदा उद्धार (Soil reclamation) का सर्वाधिक महत्व है। जहाँ संरक्षण का तात्पर्य मृदा अपरदन (Soil erosion) को रोकने तथा मृदा परिपक्वण में वृद्धि करने से है वहीं मृदा उद्धार उन तकनीकी पद्धतियों से सम्बंधित है जिसके द्वारा सवर्णीय, क्षारीय या अम्लीय मृदा को पादप वृद्धि के योग्य बनाया जाता है। जल तथा वायु द्वारा मृदा की ऊपरी सबसे उपजाऊ परत का एक स्थान से अन्य स्थान पर स्थानांतरित हो जाना मृदा अपरदन कहलाता है।

मृदा अपरदन और नियंत्रण (Soil erosion and its control)

प्रायः पर्याप्त वनस्पति युक्त क्षेत्र मृदा क्षरण के कूप्रभाव से प्रभावित नहीं होते हैं। परन्तु वनस्पति आवरण रहित क्षेत्र मृदा अपरदन से निरन्तर प्रभावित होते रहते हैं। अपरदन में वायु और जल सहायक कारक होते हैं।

(क) जल द्वारा मृदा अपरदन — जल प्रवाह से मृदा का ऊपरी उपजाऊ महीन स्तर नष्ट हो जाता है। इस तरह का मृदा अपरदन सामान्यतः चार प्रकार का होता है।

(i) स्तरी अपरदन (Sheet erosion) — वर्षा जल प्रवाह से मृदा अपरदन एकाएक दृष्टिगोचर नहीं होता क्योंकि सम्पूर्ण क्षेत्र से एक रूप (Uniform) मृदा अपरदन होता है।

(ii) सीता अपरदन (Rill erosion) — इसमें जल के प्रवाह से भूमि में पतली पतली गहरी सीता या कुण्ड जैसी नालियाँ बन जाती हैं जिससे होकर मृदा जल प्रवाह के साथ बह जाती है।

(iii) अवनालिका अपरदन (Gully erosion) — जब छोटी छोटी गहरी नालियाँ ढलान की ओर आपस में मिल जाती हैं और अधिक जल प्रवाह के कारण गहरी बड़ी नालियों के कारण कटाव गम्भीर होता है तो इसे अवनालिका अपरदन कहते हैं।

(iv) नदतटीय अपरदन (Riparian erosion) — तेज प्रवाहमान नदियों, वर्षा के दौरान उफ़ानती नदियों द्वारा तटीय मिट्टी के कटाव या नदियों द्वारा मार्ग बदलने से उत्पन्न 'खार' नदतटीय अपरदन कहलाता है।

जैसा कि पूर्व से उल्लेख किया जा चुका है कि जहाँ भूमि पर्याप्त वनस्पति आच्छादन से युक्त होती है वहाँ कृषि के साथ मृदा का क्षरण लगभग नहीं होता है तथा जल भी अपेक्षाकृत काफी कम गति से बहता है। परन्तु पादप समुदाय के नष्ट होने की दशा में भूमि के सक्षा होने से भूमि की जल अवशोषण क्षमता भी बहुत कम हो जाती है तथा जल भी तीव्र गति से बहकर मृदा के उपजाऊ भाग को बहा ले जाता है।

(ब) बाधु द्वारा अपरदन — साधारणतया आर्द्रभूमि (Wet land) से वायु द्वारा मृदा अपरदन नहीं होता है फिर भी तेज आधी इन क्षेत्रों में भी मृदा अपरदन करने में सक्षम होती है। शुष्क और अतिशुष्क मध्यस्थतीय प्रदेशों में जलवायु की विषमता से कम वनस्पतियों के कारण मृदा अपरदन अधिक होता है। भारत में प्रतिवर्ष राजस्थान, पश्चिमी उत्तर प्रदेश, मध्य प्रदेश से तेज आधी द्वारा शुष्क ग्रीष्म ऋतु में भारी मृदा संरक्षण भी कठिन होता है।

भूक्षरण को रोकने तथा मृदा संरक्षण के लिये वृक्षारोपण सर्वाधिक महत्वपूर्ण उपाय है। जल द्वारा अपक्षरण को रोकने के लिए भूमि को कभी भी नग्न नहीं रखा जाना चाहिये अपितु सदैव वनस्पति आच्छादन से भूमि को आवृत रखना चाहिये। वृक्षारोपण में प्रारम्भ में वृद्धि धीरे-धीरे होती है। ऐसी जगह मिश्रित वनस्पति लगाई जानी चाहिये। बाद में पत्तियाँ, शाखाओं, टहनियों आदि के भूमि पर पड़े अवशेषों के सड़ने से, भूमि में कार्बनिक पदार्थों की मात्रा बढ़ती है। भूमि उर्वर होने लगती है। जल धारण क्षमता में वृद्धि होने से वहाँ अन्य वार्षिक शाकीय पेड़-पौधे भी उगने लगते हैं। इस प्रकार मृदा अपरदन भी कम हो जाता है। खेतों के चारों ओर बांधे गये ऊँचे मेड़ भी जल द्वारा मृदा अपरदन को रोकने में सहायक होते हैं। मृदा अपरदन को उचित फसलों को समय समय पर बदल कर उगाने, रासायनिक उर्वरक की जगह कार्बनिक खाद उपयोग करके भी रोका जा सकता है। घास स्थली में अतिचारण नहीं होने देना चाहिये। सड़कों के किनारे, पहाड़ी ढलानों पर उच्च संरक्षणकारी क्षमता वाली पादप जातियों को रोपण किया जाना चाहिये। वन, कृषि तथा घास स्थल आदि का सकल एवम् समन्वित रूप मृदा अपक्षरण से बचाव का सर्वोत्तम उपाय होता है। नदतटीय अपरदन को रोकने के लिए मिट्टी को बांधने वाली वनस्पति से तट को परिपूर्ण रखने का प्रयास किया जाना चाहिये। तटीय क्षेत्र में कृषि कार्य

की जगह यथोपयुक्त वनस्पति का संवर्धन करना चाहिये। भूमि को मृदा प्रदूषण से मुक्त रखा जाना चाहिये।

वायु द्वारा अपरदन से प्रभावित क्षेत्र में घास तथा मृदा को बाधने वाले पेड़-पौधों को लगाया जाना चाहिये। इस वृक्षारोपण को वायु रोधक कहा जा सकता है क्योंकि ये भूमि से वाष्पोत्सवेदन (वाष्पन तथा उत्सवेदन) में कमी करके मिट्टी की नमी को बनाये रखते हैं तथा वायु की गति रोक कर अवरोध का कार्य करते हैं। तेज आधी से प्रभावित क्षेत्रों में आधी की दिशा के समकोण में घने ऊँचे पेड़ों की कतारे लगा दी जाती हैं जिन्हें वायु अवरोधक (Wind breaks) कहते हैं। इस तरह के अवरोधों से पवन गति काफी पहले से ही घट जाती है और काफी दूरी के बाद ही पवन पुनः वेग धारण कर पाता है। साथ ही पेड़ों द्वारा वायु के साथ आये मिट्टी के कण वही एकत्र हो जाते हैं जिस पर धीरे-धीरे अन्य वनस्पति उगने लगती है। यदि ये वायु अवरोधक वनस्पतियाँ काफी वृहत क्षेत्र में लगाई जाती हैं तो इसे सेल्टर बेल्ट या मृदा रक्षक वृक्षावलि (Shelter belt) कहा जाता है तथा दो वायुअवरोधक वृक्षावलियों के बीच के सुरक्षित क्षेत्र में कृषि की जा सकती है। प्रक्षेत्र वानिकी (Farm forestry) के अन्तर्गत कृषि क्षेत्र के चारों ओर वृक्षावलि लगाई जाती है। यदि किसी कृषि भूखण्ड के 20% भाग में छिदरे वृक्ष लगा दिये जायें तो वायु द्वारा अपरदन को काफी हद तक रोका जा सकता है। अम्बट (1970) ने शोध परिणामों के अनुसार शाकीय पौधों में दूब (सायनोडोन डेक्टाइलोन) तथा मूज (सैकम मूजा) में मृदा अपरदन रोकने की क्षमता (Soil conservation value) क्रमशः 92% और 97% पाई गई। स्थानीय पर्यावरणीय स्थिति के अनुसार वृक्षावलियों की लम्बाई, ऊँचाई, पक्ति संख्या, सघटन जातियों, दो वृक्षावलियों के मध्य की दूरी आदि का निर्धारण, मृदा अपरदन के कारण, मृदा की रचना के साथ कुशल संरक्षण कर्ता द्वारा किया जाता है।

जल संरक्षण (Water conservation) — जल का जीवों और मनुष्य के लिए महत्व सर्वविदित है। जल प्रदूषण और जल के महत्व की विस्तृत चर्चा प्रदूषण अध्याय के अन्तर्गत की जा चुकी है। कृषि और उद्योगों के विकास के साथ जल की खपत में अत्यधिक वृद्धि के साथ प्रदूषण की समस्या भी उत्पन्न हुई है। जल संरक्षण का हर स्तर पर प्रयास आवश्यक है। जल प्रबन्ध तकनीक का उपयोग करते समय उसके लाभ के साथ अनिश्चित प्रभावों का भी ध्यान रखा जाना चाहिए जैसे इन्दिरा नहर क्षेत्र में तलबों का बढ़ना, जलाशयों में गाद भरना, बाघ क्षेत्र में भूमि उर्वरता का घटना आदि। इसे (Ecological) कहा जाता है जल स्रोतों के संरक्षण के प्रयास भी पारिस्थितिकी सिद्धान्तों के आधार पर किया जाना चाहिए। कुओं को ढक कर रखना तथा चबूतरों को ऊँचा रखने से जल के प्रदूषित होने की सम्भावना कम हो जाती है। दूषित जल को सीधे जल स्रोतों में प्रभावित करने के बजाय सस्कार संयंत्र (Sewage treatment plant) द्वारा उपचारित किया जाना चाहिये। इसमें प्राप्त कार्बनिक खाद का उपयोग किया जा सकता है तथा उपचारित जल का सिंचाई में उपयोग किया जा सकता है। गर्म प्रदेशों में जल वाष्पन की दर को कम करने के लिए जलाशयों में हेक्साडिकेनॉल (Hexadecanol) की थोड़ी मात्रा जल में डाली जाती है। जिससे जल की सतह हेक्साडिकेनॉल की एक परमाणु परत (Mono molecular layer) चारों ओर फैल जाती है जो वाष्पन की दर को घटा

देती है। रेगिस्तानी क्षेत्रों में भूमि पर ऐस्फाल्ट (Asphalt) की घूल का छिड़काव किया जाता है जिससे भूमि की जल धारण क्षमता घट जाती है तथा जल भूमिगत जल स्रोत में न जाकर इलान की ओर बहने लगता है जहाँ बड़ी बड़ी टकियों में उस वर्षाजल को एकत्रित कर लिया जाता है। जल सरक्षण के परोक्ष उपाय के रूप में वृक्षारोपण को बढ़ावा दिया जाना चाहिये ताकि बाढ़ और सूखे की सम्भावनाओं को कम किया जा सके। वर्षा के जल का अधिकतम उपयोग किया जाना चाहिये।

पारिस्थितिक अनुकूलन

(Ecological Adaptation)

पूर्व के अध्यायो में आप पढ़ चुके हैं कि पारिस्थितिक कारक किस प्रकार से वनस्पति को प्रभावित करते हैं। प्रायः यह कहा जाता है कि वातावरण जीवों को प्रभावित करता है, किन्तु यह भी सत्य है कि जीवों द्वारा वातावरण भी प्रभावित होता है। उदाहरण के लिए किसी झील के निरीक्षण से पता चलेगा कि पानी में घुले लवण तथा ऑक्सीजन, जलीय जीवों के प्रवर्धन को प्रभावित करते हैं किन्तु इन लवणों की सांद्रता भी जलीय जीवों से प्रभावित होती है जैसे - जलीय जीव श्वसन में ऑक्सीजन लेते हैं तथा कार्बन डाई-ऑक्साइड छोड़ते हैं जिसके फलस्वरूप ऑक्सीजन (O_2) की मात्रा कम तथा कार्बन डाई-ऑक्साइड (CO_2) की मात्रा पानी में बढ़ती है।

प्रत्येक जीव में चाहे वह वनस्पति हो या जन्तु स्वयं को अपने चारों ओर के वातावरण के अनुरूप ढालने की क्षमता पायी जाती है। यदि वनस्पति का उसके वातावरण को ध्यान में रखते हुए अध्ययन किया जाये तो ज्ञात होता है कि प्रत्येक पादप के विभिन्न अंग उसके वातावरण के अनुरूप परिवर्तित हो जाते हैं। ये परिवर्तन उसकी रचना एवं कार्यिकी दोनों ही से सम्बन्धित होते हैं। इसके फलस्वरूप पादप अपने को विशेष वातावरण में जीवित रहने योग्य बनाकर स्वयं को नष्ट होने से बचा लेता है। इसे ही पादप अनुकूलन कहते हैं।

यदि हम ससार में मिलने वाली वनस्पति पर दृष्टि डालें तो पायेंगे कि कहीं पर घने जंगल हैं तो कहीं पर घास व कहीं पर रेगिस्तान। पृथ्वी पर वनस्पति के इस प्रकार के वितरण का मुख्य कारण है उस स्थान का वातावरण क्योंकि पृथ्वी के सभी स्थानों का वातावरण कभी भी एक प्रकार का नहीं होता, अतः वनस्पति भी भिन्न भिन्न प्रकार की होती है। वनस्पति के इस प्रकार के वितरण के अनेक कारण हैं जिनमें मुख्य है - वर्षा। समस्त पारिस्थितिक कारकों में पौधों के लिए जल (जो वर्षा से प्राप्त होता है) एक अनिवार्य पोषक है तथा जीव-द्रव्य (Protoplasm) का मुख्य अंश भी। इसके अतिरिक्त जल एक ऐसा विलायक है जिसमें समस्त प्रकार के खनिज एवं लवण घुल कर पौधों को उपलब्ध होते हैं। प्रकृति में जल मुख्यतः चार दशाओं में विद्यमान रहता है।

- (i) वर्षा।
- (ii) वायुमंडलीय आर्द्रता।
- (iii) मृदा-जल।
- (iv) बर्फ।

वातावरण में जल की उपलब्धता के आधार पर पादपों को निम्न चार श्रेणियों में वर्गीकृत किया जा सकता है -

(i) **जलोद्भिद (Hydrophytes)** - जल की बहुलता वाले वातावरण में पाए जाने वाले पादप।

(ii) समोद्भिद (Mesophytes) — समान्य ताप व नमी वाले वातावरण में पाये जाने वाले पादप ।

(iii) मरूद्भिद — शुष्क मरूस्थली वातावरण में पाये जाने वाले पादप ।

(iv) सबनमूयोद्भिद — लवणीय मृदा अथवा समुद्री, लवणीय जल में पाये जाने वाले पादप ।

जलोद्भिद —

ये पादप ऐसे वातावरण में पाये जाते हैं जहाँ जल की बहुलता होती है । ऐसे पादप पूर्ण रूप से या आंशिक रूप से निमज्ज (Submerged) स्थिति में या प्लवमान (Floating) अवस्था में या जल सतृप्त मृदा में पाये जाते हैं । अतः ये पादप नदियों, झीलों, तालाबों व दलदली भूमि में पाये जाते हैं ।

इन पादपों के अनुकूलन का अध्ययन करने से पहिले ऐसे वातावरण के उन लक्षणों का जानना आवश्यक है जो अनुकूलन के कारण होते हैं ।

(1) जल —

(अ) उपलब्धता — ये पादप ऐसे वातावरण में उगते हैं जहाँ पानी बहुतायत में उपलब्ध रहता है अतः इन पादपों की कार्यिकी में पानी की कमी नहीं रहती ।

(ब) उत्प्लवक (Buoyant) प्रभाव — इसके कारण इन पादपों में कई अनुकूलन उत्पन्न हो जाते हैं ।

(ग) अल्प लवणता का परासरण साम्यता — स्वच्छ जल की लवणता (Salinity) कम होती है अतः स्वच्छ पानी का परासरण दाब (Osmotic pressure) भी कम होता है ।

(2) तापक्रम — यह जल ऊष्मा का कुशलक है अतः जलाशयों में जल के तापक्रम में उतार चढ़ाव बहुत ही कम होता है; इसीलिए जलोद्भिद पादपों को तापक्रम का बदलाव बहुत ही कम सहना पड़ता है । जल के तापक्रम का प्रभाव जल में घुलित तत्वों एवं ऑक्सीजन पर पड़ता है ।

(3) प्रकाश — प्रकाश की तीव्रता जल की गहराई के साथ साथ कम होती जाती है क्योंकि प्रकाश का कुछ अंश जल में निलम्बित ठोस कणिकाओं द्वारा अवशोषित हो जाता है अतः प्रकाश जल में उपस्थित जन्तुओं तथा पौधों के लिए सीमाकारी कारक (Limiting factor) की तरह कार्य करता है ।

(4) गैसें (O_2 and CO_2) — जल में उपस्थित पादपों व जन्तुओं के लिए O_2 तथा CO_2 का होना आवश्यक है । वायुमण्डल की तुलना में जलीय माध्यम में O_2 की मात्रा कम होती है तथा इसके विसरण की दर भी कम होती है अतः गहरे पानी में O_2 की मात्रा कम होती है ।

जलोद्भिदों में अनुकूलन —

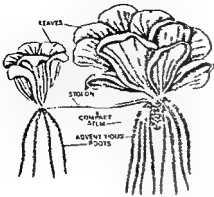
उपरोक्त जलीय लक्षणों के कारण इन पादपों में अनेक प्रकार के अनुकूलन पाये जाते हैं जिनको निम्न मुख्य तीन भागों में बाँटा जा सकता है ।

- 1 आकारिकीय अनुकूलन (Morphological adaptations)
- 2 आन्तरिक संरचना
- 3 कार्यिकी अनुकूलन (Physiological adaptations)

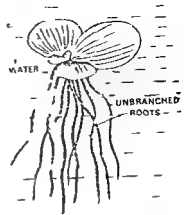
आकारिकीय अनुकूलन —

(अ) मूल — आप जानते हैं कि जड़ों का मुख्य कार्य जल का अवशोषण करना है। जल की उपलब्धता के अनुसार जड़ों में आकारिकीय परिवर्तन हो जाते हैं क्योंकि जलोद्भिदों को जल मुलम होता है और पौधे अपनी सम्पूर्ण सतह से जल अवशोषित कर लेते हैं अतः इनमें जड़ों का कोई विशेष कार्य नहीं होता फलस्वरूप — जड़े प्रायः, रेशेदार, अशाखित एवं छोटी होती हैं।

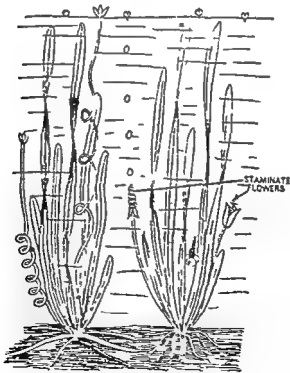
- (i) इन पादपों में मूल तंत्र अल्पविकसित होता है। कुछ पादपों जैसे सिरोटोफिलम (*Ceratophyllum*), साल्विनिया (*Salvinia*), अजोला (*Azolla*), वुल्फिया (*Wolffia*), यूट्रिकुलेरिया (*Utricularia*) आदि में जड़ों का अभाव होता है।
- (ii) कुछ पौधे जैसे लेम्ना (*Lemna*), निम्फिया (*Nymphaea*) आदि में मूल रोम अनुपस्थित होते हैं।
- (iii) मूल के अग्र भाग पर मूल गोप (Root cap) के स्थान पर मूल कोटरिकाएँ (Root pockets) पाये जाते हैं, उदाहरणार्थ — आइकोर्निया (*Eichhornia*), सिपाड़ा (*Trapa*), पिस्तिया (*Pistia*) आदि।
- (iv) लेम्ना (*Lemna*) जैसे पादप में केवल एक ही जड़ होती है जो अवशोषण के स्थान पर पौधे के सतुलन को बनाये रखने में सहायक होती है।
- (v) जलीय फर्न, साल्विया (*Salvia*) आदि में एक पर्ण शाखित होकर मूल का कार्य करती है।
- (vi) कुछ पादपों में श्वसन या प्रकाश संश्लेषण के लिए अपस्थानिक मूल स्थान्तरण पाया जाता है जैसे — सिघाड़े में प्रकाश — संश्लेषण के लिए जड़े हरी हो जाती हैं। इस तरह जूसिया (*Jussia repens*) में दो प्रकार की जड़े उत्पन्न होती हैं — कुछ सामान्य जड़े तथा दूसरी स्वजी रचना वाली जड़े जो जल की सतह पर प्लावित रहती हैं एवं श्वसन में सहायक होती हैं।
- (vii) मैंग्रोव पादपों (Mangrove plants), जैसे — एविसीनिया (*Avicennia*), राइजोफोरा (*Rhizophora*) जो अनूप (Swamps) में उगते हैं, में जड़े खूटीनुमा (Peg like) आकृति की होती हैं जो भूमि से ऊपर निकल आती हैं। इनके वायव्य भाग पर अनेक छिद्र होते हैं जो श्वसन में गैसों के आदान-प्रदान में सहायक होते हैं। इन जड़ों को प्यूमेटोफोर (*Pneumatophore*) कहते हैं।



1 पिस्त्रिया के पीछे में छोटा स्तम्भ एव मूल कोटिकाएँ युक्त मूल



2 लेम्ना में पेलतनुमा पत्तियाँ तथा अशाखित मूलरोम रहित मूल



3 वेल्सिनेरिया के पीछे में छोटा प्रकन्द, रिबन नुमा पत्तियाँ

(ब) स्तम्भ (Stem) —

- (i) जल में प्रकाश की तीव्रता कम होने के कारण जलोद्भिद पादपों में तना पांडुरित (Etiolate), कोमल, कमजोर एवं पतला होता है।
- (ii) कुछ निमग्न (Submerged) जलीय पौधों जैसे इलोडिया (*Elodea*), पोटेमोजीटोन (*Potamogeton*) आदि में तना स्पजी, लचीला व गोला होता है।
- (iii) अजोला (*Azolla*), सल्विनिया (*Salvinia*) एवं लेम्ना (*Lemna*) जैसे स्वतंत्र प्लवमान पौधों में तना बहुत ही अल्प विकसित होता है। कीचड़ में जमे जलीय पौधे जिनकी जड़े भूमि में रहती हैं उनमें तना प्रकन्द (Rhizome) या रनर (Runner) होता है जैसे निलम्बो (*Nelumbo*) एवं निम्फिया (*Nymphaea*) में।

(स) पर्ण (Leaf) —

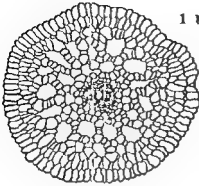
- (i) निमग्न जलोद्भिद पादपों में जैसे— नाजास (*Najas*), सिरेटोफिल्लम (*Ceratophyllum*) में पर्ण प्रायः घागे के समान तथा कटी फटी होती हैं जिससे कि जल तरंगों से जल के बहाव से गतिरोध उत्पन्न न हो। वैलिसनेरिया (*Vallisneria*) में पर्ण लम्बे रिबन के समान होती हैं।
- (ii) कुछ निमग्न पौधों की पत्तियों में विषमपर्णता (Heterophylly) पाई जाती है। जल में रहने वाली पत्तियाँ पतली व शाखित तथा कटी फटी होती हैं तथा जल के बाहर रहने वाली पत्तियाँ सरल व पूर्ण विकसित होती हैं, उदाहरणार्थ— लिम्नोफिल्ला हेटरोफिल्ला (*Limnophylla heterophylla*), रेननकुलस (*Ranunculus*) आदि।
- (iii) प्लवमान पौधों में पर्ण लम्बी, बेलनाकार, पतली, चिकनी, छनिकाकार, गहरे हरे रंग की होती हैं।
- (vi) जल के विगलन (Wetting) प्रभाव को रोकने के लिए तनों एवं पत्तियों पर अवपकी म्यूसिलेज (Slimy mucilage) की परत बन जाती है।

आन्तरिक अनुकूलन —

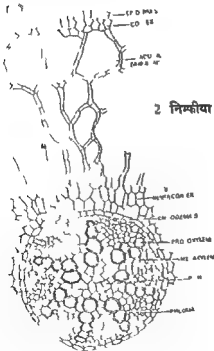
(i) जल निरोधी पदार्थ जैसे क्यूटिकल की कमी — जल के मुलभ उपलब्ध होने तथा वाष्पोत्सर्जन की समस्या न होने से क्यूटिकल जैसे जल निरोधी पदार्थों की कमी या अभाव होता है। निमग्न पौधों में क्यूटिकल अनुपस्थित होता है। क्यूटिकल के न होने से ये पादप अपने हर भाग की सतह से जल अवशोषित कर सकते हैं।

(ii) सुरक्षात्मक रचनाओं की कमी — इन पादपों में अधिचर्म (Epidermis) प्रायः एक परत में, पतली क्यूटिकल युक्त पतली भित्तियों वाली मृदुतकीय हरितलवक युक्त कोशिकाओं से बनी होती है। बाह्य त्वचा के ऊपरी सतह पर योम (Wax) की परत होती है जो रगड़ों को गीला तथा बंद होने से बचाती है, अतः अधिचर्म सुरक्षात्मक न होकर अवशोषण में सहायक होती है। अधिचर्म पर रोम अनुपस्थित होते हैं। अण्डचर्म (Hypodermis) अल्प विकसित या अनुपस्थित होती है।

1 हाइड्रिला के स्तम्भ की अनुप्रस्थ काट



2 निम्फिया के मूल की अनुप्रस्थ काट



चित्र 7.2 जलोद्भिद् में आन्तरिक अनुकूलन

(iii) **यांत्रिक ऊतकों की कमी** — जल के उत्प्लावक (Buoyant) प्रभाव के कारण यांत्रिक ऊतकों की आवश्यकता नहीं होती। अतएव ये अल्प या अविकसित रह जाते हैं। लिग्नीमेशन (Lignification) कम या बिल्कुल नहीं होता, इसलिए ये पौधे नरम व कोनल रह जाते हैं। यांत्रिक ऊतकों के विकास न होने से बल्कुट में हरित ऊतक (Chlorenchyma) अधिक पाया जाता है जो प्रकाश सश्लेषण में सहायक होता है।

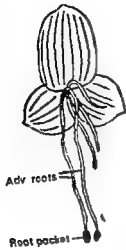
(iv) **वायु प्रकोष्ठों की अधिकता** — अन्य पादपों की तरह जलोद्भिदों को स्वसन के लिए ऑक्सीजन एवं प्रकाश सश्लेषण के लिए कार्बन-डाई-ऑक्साइड की आवश्यकता होती है। इसके अतिरिक्त इन पादपों की पत्तियों में रघ अल्प-विकसित अथवा अनुपस्थित होते हैं। जल की सतह पर तैरने वाली पत्तियों पर ये दोनों सतहों पर पाये जाते हैं अतः इन पादपों में अल्प वातन (Poor supply of air) की समस्या का समाधान बल्कुट (Cortex) में वायु कोष्ठों (Air chambers) के विस्तृत विकास द्वारा किया गया है। इन वायु-कोष्ठों से पौधों में उत्प्लावकता (Buoyancy) बढ़ जाती है तथा पादप हल्के होकर तैरते रहते हैं। पादप के विभिन्न भागों जैसे जड़, तना व पत्तियों के वायु-कोष्ठ आपस में जुड़े रहते हैं जिससे कि गैसें सम्पूर्ण पौधे में आ जा सकें। वायु-कोष्ठ आपस में एक या दो परत (Layers) की मोटी हरित ऊतकों (Chlorenchymatous) के कपाटों द्वारा विभक्त होते हैं। ये वायु-कोष्ठ इन पादपों के प्रत्येक भाग यहाँ तक कि फलों (जैसे-कमल) में भी पाये जाते हैं। अतः वायु-कोष्ठ इन पादपों को तैरने में सहायता करते हैं, गैसों के संग्रहण एवं वितरण में मदद करते हैं तथा फलों के प्रकीर्णन (Dispersal) में सहायक होते हैं।

(v) **संवहन ऊतकों की कमी** — जलोद्भिद पादपों के चारों ओर जल विद्यमान रहता है तथा इन पादपों का प्रत्येक भाग जल-अवशोषण करने में सक्षम होता है अतः इन पादपों में संवहन ऊतकों की विशेष आवश्यकता नहीं होती है, इसलिए इनमें संवहन ऊतक अल्प विकसित होते हैं। दारु (Xylem) तथा फ्लोएम (Phloem) में से दारु अधिक अल्प विकसित होते हैं। प्रायः इसके स्थान पर एक केन्द्रीय गुहिका होती है जिसके चारों ओर फ्लोएम ऊतक होता है। दारु में वाहिकाओं (Vessels) का अभाव होता है। इनके फ्लोएम में प्रायः समोद्भिद (Mesophytic) पादपों की अपेक्षा चालनी नलिकाएँ (Sieve tubes) छोटी होती हैं तथा मृदुतक कोशिकाएँ अधिक पायी जाती हैं।

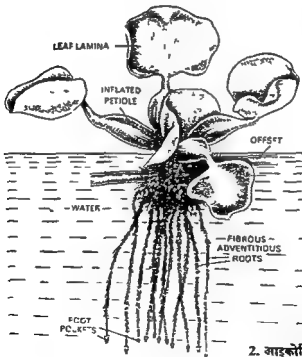
जलोद्भिद में द्वितीयक वृद्धि नहीं पाई जाती है। जो पादप प्लवमान या निमग्न होते हैं प्रायः उनकी पत्तियों में पर्णमध्योतक (Mesophyll), खम्भ ऊतक (Palisade tissues) तथा स्पंजी मृदुतक (Spongy parenchyma) में विभेदित नहीं होता। ये पौधे जिनके भाग जल की सतह से बाहर होते हैं उनमें यह विभेदन स्पष्ट होता है।

कार्यिकी अनुकूलन —

- (i) जलोद्भिदों में पारस्परणी दाब (Osmotic pressure) बहुत कम होता है। यही कारण है कि इन पौधों को जब जल के बाहर निकालते हैं तो ये शीघ्र ही कुम्हला (Wilt) जाते हैं।
- (ii) निमग्न पौधों में वष्पोत्सर्जन वस्तुतः नहीं होता है किन्तु जल का उत्सर्जन, जल रन्ध्रों (Hydathodes) द्वारा बिदुसाव (guttation) क्रिया से होता है।

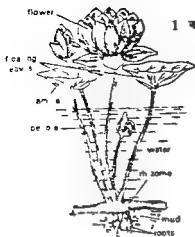


1. लेम्ना

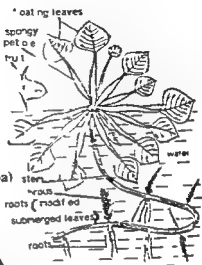


2. नाइकोर्निया

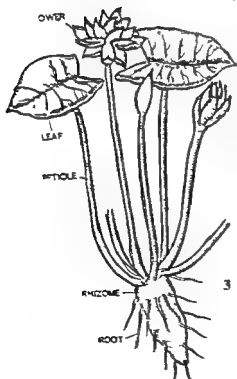
चित्र 7.3 : स्वतन्त्र प्लवमान जलोद्भिद्



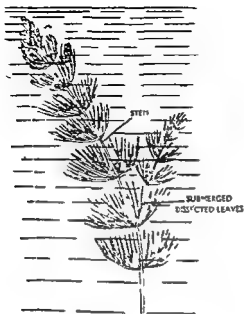
1 कमल (Nelumbium)



2 तिषादा (Trapa)

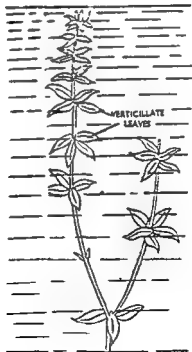


3 कुमुदनी (Nymphaea)

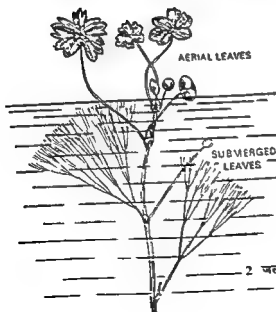
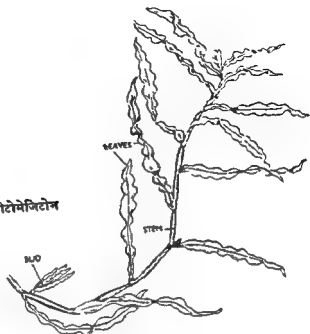


1. सिरेटोफितम

2. हाइड्रिला



1 स्थिर निमग्न - फोटोमोजिटोन



2 जल स्थलीय पादप - रेनेनकुलस

- (iii) इन पौधों को एक समान अनुकूल परिस्थितियाँ मिलने के कारण इनमें कायिक प्रवर्धन (Vegetative propagation) अधिक होता है। यह क्रिया प्रायः खंडन (Fragmentation) जैसे - इलोडिया (Elodea) या उपरि भ्रूसारी (Runner), जैसे - आइकोर्निया, द्वारा होता है।

जलोद्भिद पादपों का बर्गीकरण -

इन पादपों को इनके जल, वायु तथा मृदा से सम्बन्ध के अनुसार निम्न समूहों में विभाजित किया गया है -

(1) स्वतंत्र प्लवमान (Free floating plants) - ये पादप स्वतंत्र रूप से जल की सतह पर तैरते हैं। इनकी जड़े जलाशय के पेंदे में स्थिर नहीं होती। अतः इनका सम्बन्ध वायु तथा जल से ही रहता है, उदाहरण - लेम्ना (Lemna), आइकोर्निया (Eichhornia), अजोला (Azolla), वुल्फिया (Wolffia), साल्विनीया (Salvinia), पिस्टिया (Pistia) आदि।

(2) स्थिर प्लवमान (Rooted floating plants) - इन पादपों की जड़े जलाशयों के पेंदे की मृदा भूमि में लगी रहती हैं अतः ये पादप स्थिर रहते हैं। इनकी पत्तियाँ तथा पुष्पीय स्तम्भ जल की सतह पर रहते हैं। इन पादपों का सम्बन्ध भूमि, जल एवं वायु तीनों ही से रहता है। उदाहरण - कुमुदनी (Nymphaea), कमल (Nelumbium), सिंघाड़ा (Trapa), मार्सीलिया (Marsilea) आदि।

(3) निलम्बित पादप (Suspended plants) - ये पादप पूर्णरूप से जल में ही डूबे या निमग्न रहते हैं तथा इनकी जड़े जलाशय के पेंदे की मृदा में स्थित नहीं होती अतः इनका सम्पर्क केवल जल से ही रहता है, उदाहरण - नाजस (Najas), मुट्ठीकुत्तेरिया (Utricularia), सिरिडोफिलम (Ceratophyllum) आदि।

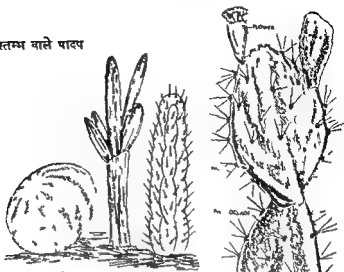
(4) स्थिर निमग्न (Anchored submerged) - ये वे जलोद्भिद पादप हैं जो जल में निमग्न रहते हैं तथा उनकी जड़े जलाशय के पेंदे की मृदा में स्थित रहती हैं, अतः इनका सम्पर्क जल व भूमि दोनों से रहता है तथा वायुमंडल से नहीं रहता। उदाहरण - हाइड्रिला (Hydrilla), पोटोमोजिटोन (Potamogeton), वेलिसनेरिया (Vallisneria) आदि।

(5) जलस्थलीय पादप (Amphibious plants) - इन पौधों का कुछ भाग जल तथा शेष भाग वायु में रहता है। ऐसे पादप जल के किनारे अथवा दलदल में उगते हैं अतः इन पादपों में जलीय एवं स्थलीय दोनों ही प्रकार के अनुकूलन होते हैं। उदाहरण - साइप्रस (Cyperus), सिरपस (Scirpus), रेननकुलस (Ranunculus), टाइफा (Typha), इलियोकेरिस (Eleocharis), लिमनोफिला (Limnophila), रूमक्स (Rumex) आदि।

मरुद्भिद (Xerophytes) --

मरुद्भिद शुष्क आवासों के पादप हैं। शुष्कता के दो कारण हो सकते हैं (i) अपर्याप्त अवशोषण (ii) अत्यधिक वाष्पोत्सर्जन या दोनों ही। जल अवशोषण में कमी यदि जल की वास्तविक कमी के कारण है तो इस अवस्था को भूमि की भौतिक शुष्कता (Physical dryness) कहते हैं। इसके अतिरिक्त यदि भूमि में जल की पर्याप्त मात्रा हो

1 सरल स्तम्भ वाले पादप



2 सरल पर्ण वाले पादप

चित्र 77 गुदेदार मरुद्मिद

लेकिन उसे अवशोषित करने में पादप को कठिनाई हो जैसे — जल में लवणों की अधिक मात्रा का होना या कम ताप के कारण जल का बर्फ के रूप में होना आदि तो भूमि की उस अवस्था को क्रियात्मक शुष्कता (Physiological dryness) कहते हैं।

मरूद्भिद ऐसी परिस्थितियों में अपना जीवन सक्रिय रखते हैं जहाँ जल की आय के लिए परिस्थिति प्रतिकूल व व्यय के लिए अनुकूल हो, अर्थात् जहाँ भूमि में भौतिक जलभाव हो तथा वायुमंडलीय परिस्थितियाँ वाष्पोत्सर्जन में अधिकता साती हो। ऐसे क्षेत्रों में जहाँ वर्षा कम मात्रा में होती हो तथा जल शीघ्र ही बह जाता हो व वाष्पन अधिक होता हो या बलुई पहाड़ियों और टीबो पर जहाँ शीघ्र अन्त खवण (Percolation) तथा तीव्र आतपन (Intense insolation) होता हो शुष्क आवासों के उदाहरण हैं।

मरूद्भिद लम्बी अवधि के शुष्क अनावृष्टि काल में भी जीवित रह सकते हैं क्योंकि इनमें जलभाव की अत्यधिक सहिष्णुता होती है। जलभाव या शुष्कता की परिस्थितियों के कारण इन पौधों को स्वयं के उपयोग हेतु बहुत ही कम जल उपलब्ध होता है। ऐसी स्थिति में इन पौधों के लिये जीवन यापन करना एक विवशता है।

मरूद्भिदों के प्रकार —

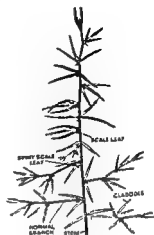
शुष्क आवासों में केवल वे ही पादप अपना जीवन यापन कर सकते हैं जो जल को कम से कम खर्च करे या जिनमें जलभाव सहन करने की क्षमता हो। पादपों में उपस्थित शुष्कता प्रतिरोधी क्षमता के आधार पर मरूद्भिद निम्न प्रकार के होते हैं।

(1) जलभाव पलायनी पौधे (Drought escaping) — ये पादप अल्पकालिक (Ephemerals) होते हैं। इनकी जीवन अवधि कुछ सप्ताह तक सीमित होती है। ऐसे पादप अपना जीवन-चक्र वर्षा ऋतु में प्रारम्भ कर शुष्क ऋतु के प्रारम्भ होने तक पूर्ण कर लेते हैं। ऐसे पादप शुष्क ऋतु बीज अवस्था में बिता देते हैं। इस तरह से इन पादपों में जलभाव का प्रभाव बहुत कम होता है। अतः इन्हें जलभाव पलायनी (Drought escaping) कहते हैं। वर्षा ऋतु में भूमि शाकीय, एक वर्षीय पादपों से ढक जाती है। शरद ऋतु के आते-आते ये पादप अपनी जीवन सीला समाप्त कर देते हैं और बीज के रूप में भूमि में बिखर जाते हैं। ऐसे पादप जलभाव पलायनी पादप कहलाते हैं। उदाहरण— टेफ्रोसिया परफुरिया (*Tephrosia purpurea*), कैसिया टोरा (*Cassia tora*), ट्रिबुलस टेरिस्टिस (*Tribulus terrestris*), इन्डीगोफेरा (*Indigofera*), एकाइरैन्यस (*Achyranthus*), पुपेलिया (*Pupalia*) आदि।

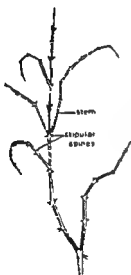
(2) गुदेदार मरूद्भिद (Succulent plants) अर्थात् जल-साव प्रतिरोधी (Drought resistant) पादप — इन पादपों को नॉनसलोद्भिद भी कहते हैं। ये सरल होते हैं। इन पादपों में मोटी भिती वाले ऊतकों की अपेक्षा पतली भिती वाले मृदूतक (Parenchyma) अधिक होते हैं। इन कोशिकाओं में पेन्टोजन्स (Pentosans) की मात्रा अधिक होने के कारण इनमें जल परिबद्ध (Water retain) करने की क्षमता अधिक होती है। ये पदार्थ और जीवित कोशिकाओं में नाइट्रोजनी यौगिक (Nitrogenous compounds) दोनों मिलकर जीवद्रव में अत्यधिक जलयोजन (Hydration) पैदा करते हैं जिससे सरसता (Succulence) उत्पन्न होती है।



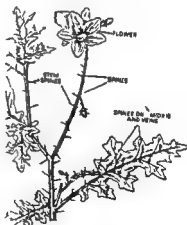
1. आक में गुदेदार एवं मोम युक्त पत्ती



2. एस्तेरेगस में स्केडोड



3. शीघ्र पाती चर्च बासा केर का पीया



4. कटकमय पत्ती बासा सोलेनम माइघम

सरस पौधे दो प्रकार के होते हैं -

(i) **स्तम्भ सरस (Stem succulents)** -- जैसे कैक्टस (Cactus) तथा कैक्टस सदृश्य यूफ़ोर्बिया, नागफली (*Opuntia*) आदि। इनमें स्तम्भ सरस होता है तथा पर्ण लघुकृत (reduced) अथवा सूल सदृश (Spine like) होते हैं। इन पादपों में जल सरस स्तम्भ में सुरक्षित जल के रूप में संचित रहता है। ऐसे पादपों में प्रकाश सश्लेषण का कार्य स्तम्भ द्वारा होता है। इनमें स्तम्भ पर स्थित रन्ध्र सख्या में कम व लगभग बन्द रहते हैं, अतएव ये पौधे कई वर्षों तक संचित जल के सहारे जीवित रह सकते हैं। रन्ध्रों के बन्द रहने के कारण वाष्पोत्सर्जन के साथ साथ प्रकाश-सश्लेषण भी न्यून रहता है। अतः इन पौधों में वृद्धि दर बहुत धीमी होती है। इन पौधों में रन्ध्र प्रायः रात में खुलते हैं और दिन में बन्द रहते हैं। इस प्रक्रिया से रात में श्वसन क्रिया द्वारा अम्ल उत्पन्न होते हैं। इन अम्लों का प्रणामी अपघटन जब दिन में सूर्य के प्रकाश से होता है तो उससे कार्बन-डाई-ऑक्साइड बनती है जो रन्ध्र बन्द होने के कारण बाहर नहीं जा सकती और प्रकाश सश्लेषण में प्रयुक्त हो जाती है। वाष्पोत्सर्जन व प्रकाश - सश्लेषण की गति बन्द होने के कारण इन पौधों में परासरणी दाब (Osmotic pressure) कम होता है।

(ii) **पर्ण सरस (Leaf succulents)** -- जैसे एलो या कुमारी या ग्वारपाठ (*Aloe*), अगेव (*Agave*), युक्का (*Yucca*), ब्रायोफिल्लम (*Bryophyllum*) आदि। इन पादपों में पर्ण सरस तथा स्तम्भ लघुकृत होता है।

(3) **अर्नोससीध बा अतरस मरूद्मिद (Non-succulent xerophytes)**
अर्थात् जलभाव सहिष्णु पादप (drought endurers) -- इस वर्ग में आने वाले पादप बास्तविक मरूद्मिद होते हैं जिनमें बहुवर्षीय शाक, काशीय झाड़ियाँ तथा छोटे वृक्ष सम्मिलित हैं। इन पादपों में अनेक आकारिकीय, आन्तरिक एवं कार्यिक लक्षण पाये जाते हैं जिससे वे लम्बी अवधि की शुष्क अवस्था को सहन कर जाते हैं। ऐसे पादपों के मुख्य उदाहरण -- कैर (*Capparis decidua*), ऑक (*Calotropis procera*), बुइ (*Aerva tomentosa*), डेजड़ा (*Prosopis cineraria*), बबूल (*Acacia nilotica*), फोग (*Calligonum polygonoides*), साल्वेडोरा ओलीआइडीज (*Salvadora oleoides*), खीप (*Leptadenia pyrotechnica*), बेर (*Zizyphus jujuba*), कैज्युराइना (*Casuarina equisetifolia*), केनर (*Nerum odorum*), सामा पास (*Psamma*) आदि।

मरूद्मिदों में पारिस्थितिक अनुकूलताएँ --

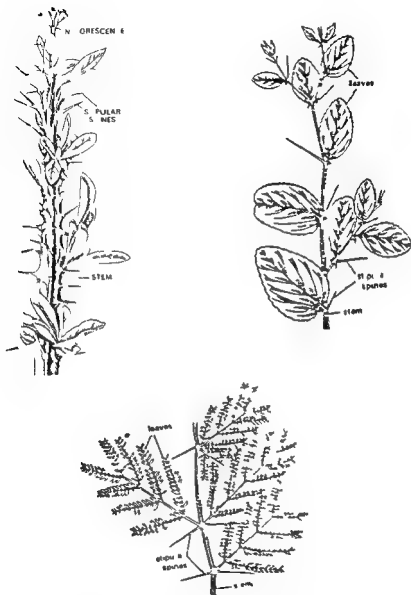
शुष्क आवासों में केवल वही पौधे जीवित रह सकते हैं जो प्रायः जल को कम खर्च करे या जलभावसह (*Drought resistant*) हों। मरूद्मिदों में इन परिस्थितियों को सहन करने के लिये अनेक अनुकूलन पाये जाते हैं जो निम्नलिखित हैं।

(अ) **आकारकीय अनुकूलन --**

1. मूल --

(i) मूलतन्त्र अत्यधिक विकसित होता है।

(ii) जड़े भूमि में गहराई तक जाती हैं तथा मूल की शाखाओं का मृदा में विस्तृत जाल फैला रहता है।



चित्र 79 महद्विदो में कटको की उपस्थिति

- (iii) जड़ों की अत्यधिक वृद्धि के कारण जड़ एवं प्ररोह की सम्बाई का अनुपात 3 से 10 तक का हो जाता है।
- (iv) इनमें मूल रोम प्रचुर मात्रा में पाये जाते हैं तथा मूल गुहिकाएँ सुविकसित होती हैं।

2. स्तम्भ —

- (i) वायव्य या भूमिगत होता है। भूमिगत स्तम्भ ग्वारपाठ (*Aloe*), अगेव (*Agave*) आदि में होता है।
- (ii) वायवीय स्तम्भ की शाखाएँ आपस में सटी रहती हैं जैसे सिट्रुलस कोलोसिन्यस (*Citrullus colocynthes*)।
- (iii) तने पर अत्यधिक बहुकोशिकीय रोम पाये जाते हैं, जैसे — ऑक (*Calotropis*)।
- (iv) कुछ पादपों में स्तम्भ कटकों में परिवर्तन हो जाते हैं जैसे— सोलेनम जेन्योकार्पम (*Solanum xanthocarpum*), यूफोर्बिया स्प्लेन्डेन्स (*Euphorbia splendens*)।
- (v) कुछ पादपों में स्तम्भ पर्णम स्तम्भ (*Phylloclade*) में रूपान्तरित हो जाता है जैसे रसकस (*Ruscus*), कोकोलोबा (*Coccoloba*) आदि।

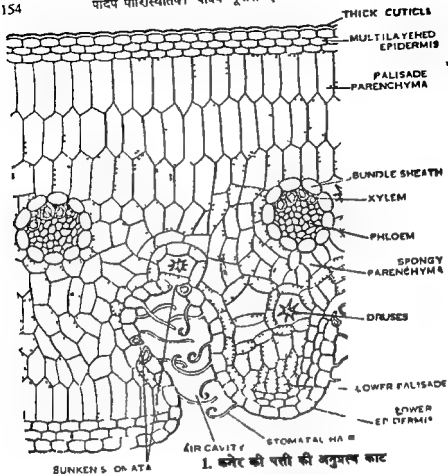
3. पर्ण —

- (i) अनेक मरूद्भिद पादपों में पर्ण आशुपाती (*Caducous*) होती है जैसे कैर (*Capparis*) व खीप (*Leptadenia*) या कटक या शूल में रूपान्तरित हो जाती है जैसे — नागफनी (*Opuntia*)।
- (ii) पर्ण का आकार प्रायः छोटा होता है जैसे — बबूल (*Acacia*), खेजड़ा (*Prosopis*) तथा उनकी सतह चकनकदार होती है जिससे प्रकाश परावर्तित हो जाता है जैसे —कनेर।
- (iii) पर्ण की सतह पर मोम (*Wax*) की परत होती है।
- (iv) कुछ मरूद्भिद पादपों जैसे — सामा (*Samra*), पोआ में पर्ण जन्माव के समय गोलाई में लिपट जाती है जिससे ऊपरी सतह जिन पर रन्ध्र होने हैं लिपटे पर्ण की आन्तरिक सतह बन जाती है और रन्ध्र सुदृष्ट रहते हैं। यह प्रवृत्ति बुलीफर्म कोशिकाओं (*Bulliform cells*) के द्वारा होती है जो पर्ण के अधिचर्म में पाई जाती है। (चित्र 7 10-2)।

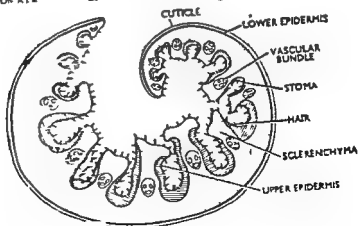
(ब) आन्तरिक संरचना की अनुकूलताएँ (*Anatomical adaptations*) —

ये अनुकूलताएँ मुख्यतः जल के व्यय को कम करने के लिए ही होती हैं।

- (i) अधिचर्म पर लिग्निन व क्यूटीन की मोटी परत पाई जाती है व कभी कभी मोम व सिलिका का जमाव भी पाया जाता है। अधिचर्म पर विभिन्न प्रकार के रोम पाये जाते हैं। इन सभी से वाष्पोत्सर्जन में कमी आ जाती है।



1. कोर की पत्ती की अनुप्रस्थ काट



II. सेमा बास की पत्ती की अनुप्रस्थ काट

चित्र 710 मरुमृदों की आन्तरिक संरचना

- (ii) अधिचर्म अनेक परतों में होती है तथा इसकी कोशिकाएँ लिनिंकृत होती हैं, उदाहरण— कनेर ।
- (iii) रन्ध्र गहरे परत में व्यवस्थित रहते हैं जिससे ये शुष्क हवा के सम्पर्क में नहीं रहते एवं गर्तीय रन्ध्र से वाष्पोत्सर्जन में कमी आ सके ।
- (iv) रन्ध्रों की सख्या एक इकाई क्षेत्रफल में अधिक होती है ।
- (v) अधश्चर्म (Hypodermis) प्रायः दृढोत्तकीय ऊतकों की बनी होती है जो यांत्रिक सहायता (Mechanical support) प्रदान करती है ।
- (vi) बल्कुट में रेनिन तथा सेटेक्स वाहिकाओं की उपस्थिति ।
- (vii) पर्ण में पर्ण मध्योत्तक पूर्णरूप से खम्भाकार और स्पर्जी मृदुतक में विभोदित होता है । खम्भ ऊतक मात्रा में अधिक होते हैं ।
- (viii) सवहनी अवयव (Conducting elements) अपेक्षाकृत लम्बे, बड़े व मात्रा में अधिक होते हैं । सवहन पूल की सख्या बढ़कर एक जाल सा बना लेती है । दाह (Xylem) की मात्रा फ्लोएम (Phloem) की तुलना में अधिक होती है जिससे पौधों में जल सवहन में रुकावट न्यूनतम रह जाती है । वाहिकाएँ (Vessels) लम्बी व बड़ी हो जाती हैं ।
- (ix) इन पादपों में द्वितीयक वृद्धि के कारण कार्क व छाल पाई जाती है । जलाभाव के कारण छाल की मोटाई बढ़ जाती है ।

(न) कार्यात्मिक अनुकूलन (Physiological adaptations)

मरुस्थली आवासों में सौर विकिरण (Solar radiation) तथा भूमि में जल का वास्तविक अभाव दो मुख्य कारक हैं जो इन पादपों में उपरोक्त विशेष अनुकूलन उत्पन्न करते हैं । प्रायः यह धारणा रही है कि मरुद्भिदों में वाष्पोत्सर्जन की दर निम्न होती है। मैक्सिमोव (Maximov) ने इस धारणा को त्रुटिपूर्ण सिद्ध किया है । वास्तव में सरस (Succulents) पादपों की तुलना में मरुद्भिदों में वाष्पोत्सर्जन की दर बहुत अधिक होता है । इन पादपों की पर्ण सतह के एक इकाई क्षेत्रफल में प्रायः रन्ध्र सख्या में अधिक होते हैं किन्तु इन पादपों में पर्ण का आकार कम होता है । अतः समोद्भिद पादपों की तुलना में रन्ध्रों की कुल सख्या इनमें कम होती है। द्विबीजपत्री पौधों में रन्ध्रों की बहुलता (Stomatal frequency) पर्णधार से पर्ण शिखर तथा मध्य-शिखर (Midrib) से परिधि (Periphery) की ओर बढ़ती है अर्थात् जो भाग जल के स्रोत से अधिक दूर होता है उस क्षेत्र के एक इकाई क्षेत्रफल में रन्ध्रों की सख्या सबसे अधिक होती है । इन पादपों में रन्ध्र दिन में अधिक समय तक खुले रहते हैं । इससे प्रकाश-संश्लेषण बढ़ता है । अतः जल के अवशोषण तथा ऊपर की ओर अभिकर्षण (pulling) में प्रकाश संश्लेषण व वाष्पोत्सर्जन दोनों ही सहायक होते हैं ; क्योंकि इनके कारण कोशिकाओं का परासरणी सांद्रण (Osmotic concentration) एवं चूषण बल (Suction force) बढ़ जाता है । इसके अतिरिक्त वाष्पोत्सर्जन की तीव्रता गर्मी के प्रभाव को भी कम करने में सहायक होती है ।

इन पादपों में म्लानि (wilting) की स्थिति में भी जीवद्रव्य में क्षति-प्रतिरोधी शक्ति अधिक होती है। यह शक्ति वाष्पोत्सर्जन की अधिकता से उत्पन्न अधिक परासरणी-दाब से सम्बन्धित है।

मरुद्भिद क्षीघ्रता से नहीं मुरझाते। मुरझाने से पूर्व ये अपने जलाश की 8% से 25% तक की हानि को सहन कर सकते हैं।

उपरोक्त वर्णन से यह स्पष्ट हो जाता है कि मरुद्भिदों में जलाभाव सहिष्णुता मुख्यतः उनके जीवद्रव्य के निम्न लिखित विशेष क्रियात्मक गुणों के आधार पर करनी चाहिये।

- 1 कोशिका द्रव्य की अधिक परासरण-सान्द्रता।
- 2 जीव-द्रव्य के जलरागी (Hydrophilic) कोलॉइडों की जल को बद्ध करने का गुण।
- 3 अत्यधिक निर्जली-करण की स्थितियों में अनुत्क्रमणीय स्कन्दन (irreversible coagulation) का प्रतिरोध।
- 4 कैटलैजस (Catalases), परॉक्सीडेसेज (Peroxydases) तथा स्टार्च (starch) को जल अपघटन (Hydrolyses) करने वाले एन्जाइम एमाइलेज (Amylases) का अधिक सक्रिय होना।
- 5 जीव-द्रव्य की पराणधार प्रक्रियाएँ चालू रखने की क्षमता।

लवणोद्भिद (Halophytes) --

आपने पढ़ा है कि मरुद्भिद (Xerophytes) मरुस्थलों के विशिष्ट पादप हैं जहाँ शुष्क स्थिति गर्म तथा शुष्क जलवायु तथा मृदा के (Physical dryness) भौतिक जलाभाव के कारण होती है। पृथ्वी पर मरु अस्थिति (xerism) का कारण शुष्कता (aridity) के अतिरिक्त कुछ और भी हो सकता है, जैसे—समुद्र-तट पर या लवणीय-क्षेत्रों के आस-पास का वातावरण भौतिक रूप से नम होते हुए भी मरु अस्थिति के कारण भूमि या जल में लवणों की अधिक मात्रा का होना होता है। इसके कारण पौधों को जल-अवशोषण में कठिनाई का सामना करना पड़ता है तथा पौधे क्रियात्मक जलाभाव (physiological dryness) का अनुभव करते हैं। समुद्र जल में जहाँ लवणों की मात्रा प्रायः 3.5% होती है कुछ विशेष स्थान जैसे राजस्थान की लवणीय क्षीलों में लवण की मात्रा 10% से 15% तक हो सकती है। ऐसी भूमि क्रियात्मक रूप से शुष्क (physiologically dry) भूमि कहलाती है। लवणमय अस्थिति में उगने वाले पादपों को लवणोद्भिद (halophytes) कहते हैं। मैक डोगल (Mac Dougl, 1914) ने लवणीय मृदा व लवणीय दलदली स्थानों पर पाये जाने वाले पादपों को लवणमृदोद्भिद कहा है। भारत में समुद्री किनारों के अतिरिक्त राजस्थान में सांभर, पंचवट्टा, डीडवाना की लवणीय क्षीले लवणमृदोद्भिदों के मुख्य आवास हैं।

लवणमृदोद्भिदों के प्रकार--

विभिन्न वैज्ञानिकों ने ऐसे पादपों के अनेक वर्गीकरण प्रस्तुत किये हैं। वॉर्जेल (Waisel, 1972) के नवीनतम वर्गीकरण के अनुसार लवणमृदोद्भिद निम्न प्रकार के होते हैं।

1. आभासी लवणमृदोद्भिद (Pseudo halophytes)-- ये पादप लवणीय मृदा से बचने वाले, अल्प जीवी होते हैं।

2. यूहेलोफाइट्स (Euhalophytes)

(अ) लवण प्रतिरोधी (Salinity resistant)

(i) लवणता से बचाव करने वाले (Salinity evading) -- इन पादपों में लवण न तो ग्रहण होता है न ही संग्रहित होता है जैसे राइजोफोरा (*Rhizophora*), प्रोसोपिस (*Prosopis*) आदि।

(ii) लवण छत्रण करने वाले (salt secreting)-- इन पादपों में लवणों का विशेष ऊतको में संग्रहण तथा स्रवण होता है; उदाहरण-- एट्रीप्लेक्स (*Atriplex*), टेमेरिक्स (*Tamarix*) आदि।

(iii) लवणता सहने वाले (Salinity enduring)-- लवण की अधिक मात्रा को सहन करने वाले पादप जैसे सूडा (*Suaeda*), आदि।

(ब) लवण की आवश्यकता वाले पादप

(i) अविकल्पी (obligate)-- इस वर्ग के पादपों को जीवन की आवश्यकता हेतु लवण आवश्यक होता है। जैसे सेलीकोर्निया (*Salicornia*)

(ii) विकल्पी (Facultative) : ये वो पादप हैं जिनकी वृद्धि लवण की उपस्थिति में अधिक होती है। उदाहरण -- सूडा (*Suaeda*)।

समुद्र के किनारे दलदली जलाशयों लवणीय स्थानों पर पायी जाने वाली वनस्पति को मेग्रोव वनस्पति कहते हैं।

इसके मुख्य उदाहरण हैं सोनिरेसिया ऐसिडा (*Sonneratia acida*), राइजोफोरा म्यूक्रोनेटा (*Rhizophora mucronata*), एलेरोपस रेपेन्स (*Aleuopus repens*), एविसिनिया ऑफिसिनेलिस (*Avicennia officinalis*) आदि।

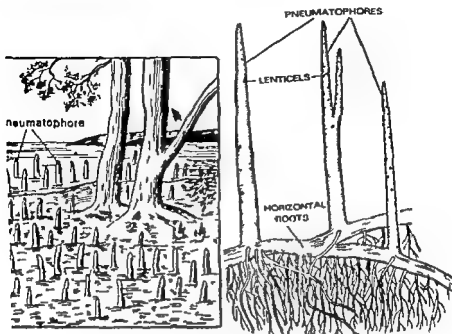
राजस्थान के मरुस्थल लवणीय क्षेत्र (लवणीय झीलों) में पाये जाने वाले मुख्य लवणमृदोद्भिद के उदाहरण हैं -- चीनोपोडियम एलबम (*Chenopodium album*), हेलोजालोन सेलिकोर्निया (*Haloxylon salicornicum*), सूडा फ्रूटिकोसा (*Suaeda frutescens*), सालसोला फोइटा (*Salsola foetida*), टेमेरिक्स आर्टिकुलेटा (*Tamarix articulata*)।

लवणमृदोद्भिद के अनुकूलन

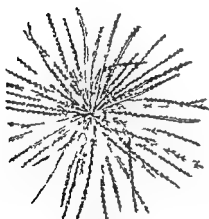
क्रियात्मक जलाभाव के कारण लवणमृदोद्भिदों में सुस्पष्ट मरुद्भिदी लक्षण निम्न

३-

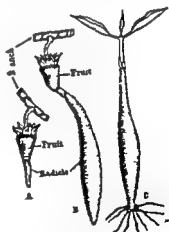
- 1 इनकी जड़े कम गहरी होती हैं तथा मृदा के ऊपरी स्तर में फैली रहती हैं।
- 2 इनकी पत्तियाँ मोटी तथा सरस व गूदेदार होती हैं।
- 3 इनकी पत्तियों की वाह्य - त्वचा पर क्यूटिन की मोटी परत होती है तथा इनमें खम-ऊतक (Palisade tissues) सुविकसित होते हैं।
- 4 इनमें परावरणी दाब बहुत उच्च होता है।



1 मेम्ब्रोव (राइजोफोरा) में स्वसन मूल



2 रफीनोफेक्स का पुष्पक्रम



3 बीबीपेरी अकुरण

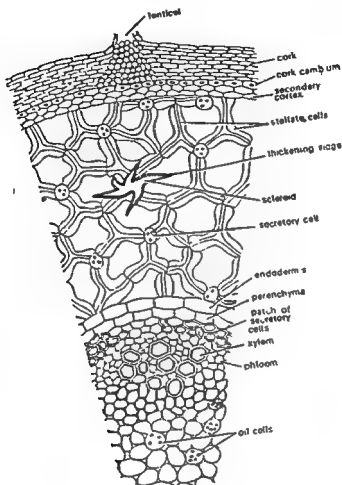
समुद्री किनारे पर मिलने वाले पादप विशेष प्रकार के वन बनाते हैं जिन्हें मैंग्रोव वन कहते हैं। मैंग्रोव वन वाले स्थलों की पारिस्थितिकी अवस्थाएँ विशेष प्रकार की होती हैं जैसे -

- (i) यहाँ वर्षा अधिक होती है तथा सदैव बादल छाये रहने से वातावरण में आर्द्रता अधिक होती है।
- (ii) यहाँ का तापक्रम पूरे वर्ष लगभग एकसा रहता है।
- (iii) यहाँ की भूमि सदैव जलक्रांत, बलुई व लवणीय मृदा-युक्त होती है।

इन पारिस्थितिक अवस्थाओं के कारण ऐसे स्थानों पर छोटे, सदाहरित वृक्षों का घना जंगल पाया जाता है। इन मैंग्रोव (Mangrove) पादपों की निम्न लिखित मुख्य विशेषताएँ हैं।

(अ) आकारिकीय अनुकूलताएँ (Morphological Adaptation) -

- (1) पादप स्वभाव में छोटे वृक्ष, झाड़ी या शाकीय होते हैं।
- (2) इनकी जड़े प्रायः भूमि में कम गहराई तक जाती हैं। इसके अतिरिक्त राइजोफोरा जैसे पौधों में यांत्रिक सहयोग (Mechanical support) के लिए पादपों की वायव शाखाओं से स्तम्भ मूल (Stilt roots) उत्पन्न होती हैं।
- (3) कभी-कभी यांत्रिक सहायता के लिए स्तम्भ के भूमि के पास वाले स्थान से अपस्थानिक जड़े अधिक संख्या में निकल कर जड़ों की तरह फैल जाती हैं। इन्हें बाग़ या पुश्ता जड़े (Buttresses) कहते हैं।
- (4) दलदली मृदा में पानी की मात्रा अधिक होने के कारण ऑक्सीजन का अभाव रहता है अतः इन पादपों, जैसे- राइजोफोरा, में श्वसन के लिए जड़ों की कुछ शकुनुमा, नृणात्मक गुरुत्वानुवर्ती (Negative geotropic) शाखाएँ ऊपर की ओर वृद्धि कर दलदली भूमि से ऊपर निकल आती हैं। इन जड़ों के शीर्ष पर एव उसके निकट अनेक सूक्ष्म रन्ध्र या लेन्टिसेल्ल होते हैं जिनके द्वारा ऑक्सीजन की पूर्ति होती रहती है। इन्हें प्यूनेटोफोर कहते हैं।
- (5) पत्तियाँ छोटी, चिकनी, मोटी एवं मांसल होती हैं।
- (6) फल एवं बीजों पर वायु प्रक्रांती के कारण वे प्रायः भार में हलके होते हैं जिससे वे आसानी से फैल सकें तथा जल द्वारा इनका प्रकीर्णन हो सके।
- (7) इन पादपों में एक विशेष अनुकूलन होता है जिसे विविपेरी (Vivipary) कहते हैं। इसका अर्थ है कि इन पौधों के बीज मातृ-पौधों पर ही अकुरित हो जाते हैं। उदाहरण- राइजोफोरा (Rhizophora)। इस पादप में बीज का अकुरण फल के भीतर ही प्रारम्भ हो जाता है तथा फल उस समय मातृ पौधे पर ही लगा होता है। मूलाकुर फल से निकल कर नीचे की ओर लटकता रहता है (चित्र 7 11-3)। जब बीजपत्राधार 50 से 60 से० मी० लम्बा हो जाता है तब नवोद्भिद् (Seedling) ऊर्ध्वाधर स्थिति में ऐसे नीचे गिरता है कि मूलाकुर ठीक सीधा कोचड में घुस जाये। कुछ ही समय



चित्र 7.12 लवण मृदोद्भिद की आंतरिक संरचना

राइजोफोरा की अवस्थिति मूल की अनुप्रस्थ काट

पश्चात् वह जड़ व प्राकुर में परिवर्धित होने लगता है। इस प्रकार के अकुरण को विविपेरी (Vivipary) कहते हैं। यह कैसूला (Casulla) राइजोफोरा (Rhizophora), एवीसीनिया (Avicennia) आदि पादपों में पाया जाता है।

(ब) आंतरिक संरचना की अनुकूलताएँ —

- 1 मूल में कार्क अनेक परतों का होता है। वायु प्रकोष्ठ उपस्थित होते हैं। मज्जा की कोशिकाओं में तेल व टेनिन होता है व लिग्निन का जमाव होता है।
- 2 स्तम्भ में उपत्वचा की मोटी परत होती है। बल्कुट के बाहरी क्षेत्र में वायु प्रकोष्ठ होते हैं। बल्कुट की कोशिकाओं में तेल टेनिन तथा कैल्सियम-ऑक्सलेट के कण तथा दृढ़पटल कोशिकाएँ होती हैं। मज्जा में प्रकोष्ठ तथा टेनिन युक्त कोशिकाएँ पायी जाती हैं।
- 3 पत्तियों की संरचना पृष्ठाधरी पर्ण की भाँति होती है। इनकी कोशिकाओं में भी टेनिन व तेल भरा रहता है। इनमें श्लेष्मा कोशिकाएँ भी पाई जाती हैं। इनमें लवण ग्रन्थियाँ भी उपस्थित होती हैं जो लवण खारित करती हैं।

राजस्थान की प्राकृतिक वनस्पति (Vegetation of Rajasthan)

क्षेत्रफल के आधार पर राजस्थान भारतवर्ष का दूसरा सबसे बड़ा प्रान्त है जो कि सनस्त राज्यो मे म एनिहामिक व भौगोलिक दृष्टि से अत्यन्त महत्वपूर्ण है। राजस्थान राज्य का क्षेत्रफल 132147 वर्ग मील या 3,42,214 वर्ग कि० मी० है हम प्रकार इस प्रान्त का क्षेत्रफल भारत के कुल क्षेत्रफल का 10.43% है जनसंख्या के आधार पर इन प्रान्त का देश के सनस्त राज्यो मे नवा स्थान है (देश की कुल जनसंख्या का 5%)। राजस्थान विश्व के महानतन् मरुस्थलीय इलाको की पूर्वी सीमा बनाना है। यह मरुस्थल अरबिका के पश्चिमी किनारे से शरन्ध होकर सहारा, अरब के कुल भाग, दक्षिणी ईरान, बलूचिस्तान और पाकिस्तान के कुछ भाग से होता हुआ राजस्थान के 'थार मरुस्थल' तक आता है। राजस्थान भारत के उत्तर पश्चिमी क्षेत्र मे स्थित है, जो कि 23°30' और 30° 12' उत्तरी अक्षांस व 69°30' और 78°17' पूर्वी देशान्तरों के मध्य फैला हुआ है। राजस्थान राज्य की उत्तर से दक्षिण तक की लम्बाई 870 km तथा पूर्व से पश्चिम तक का फैलाव 828 km है और इस प्रकार राजस्थान की सीमाओं की आकृति एक पतंग के समान है, इसके उत्तरी क्षेत्र मे गंगा नगर, दक्षिण मे बांसवाडा, पूर्व मे भरतपुर और पश्चिमी मे जैसलमेर खण्ड स्थित है।

कृष्णन (Krishnan, 1952) के मतानुसार राजस्थान जुरासिक (Jurassic), क्रेटेशियस (Cretaceous) व ईओसिन (Eocene)काल मे समुद्र मे डूबा हुआ था और सम्भवत तृतीयक (Tertiary) काल मे समुद्र से ऊपर उठा। ऐतिहासिक काल मे आज का यह मरुस्थलीय प्रदेश एक दलदली घू भाग था और यहाँ पर काफी अच्छे सघन वन थे। जिनमे हाथी, गेडे (Rhinos) आदि रहते थे। धीरे-धीरे कालान्तर मे यहाँ की जलवायुआर्द्रता (Humidity) मे कमी आती गई और लगभग 1000 A.D मे यहाँ मरुस्थलीय वातावरण प्रकट होने लगे।

चम्बल, बनास, काली सिंध, पार्वती (पूर्वी और उत्तर पूर्वी क्षेत्र), सूनी (पश्चिमी क्षेत्र) और माही (दक्षिणी क्षेत्र) राजस्थान प्रान्त की प्रमुख नदियाँ है। इन नदियों का जल अन्त मे ब्रमरा बगाल की खाडी और अरब सागर मे गिरता है।

विनी मी प्रान्त की पारिस्थितिकी के अध्ययन हेतु कुछ महत्वपूर्ण कारको का ज्ञान आवश्यक है क्योंकि ये कारक उस क्षेत्र की जैव सम्पदा (Biological wealth) को प्रभावित करते है, ऐसे कारको को पारिस्थितिक कारक कहते है। राजस्थान राज्य की वानस्पतिक सम्पदा को प्रभावित व नियन्त्रित करने वाले मुख्य कारक निम्न हैं -

- (1) भौगोलिक व स्थलाकृतिक कारक (Geographical and Topographical factors)
- (2) जलवायु कारक (Climatic factor)
- (3) मृदा कारक (Edaphic factor)
- (4) जैविक कारक (Biotic factor)

(1) भौगोलिक व स्थलाकृतिक कारक (Geographical and Topographical factors)--

राजस्थान की स्थलाकृतिक में अरावली पर्वत श्रृंखलाओं का अत्यधिक महत्त्व है। अरावली पर्वत श्रृंखला की उत्पत्ति दक्षिण में गुजरात के चम्पौनेर जिले में हुई है और यह पर्वत श्रृंखला राजस्थान को कर्णवत् (Diagonal) रूप में दो भागों में विभक्त करती है और अरावली की पर्वत श्रेणियाँ उत्तर में दिल्ली तक फैली हैं। अरावली के पश्चिम में मरुस्थलीय व अर्द्ध मरुस्थलीय मैदान है तथा पूर्व में मध्यवर्ती उच्च भूमि है।

अरावली पर्वत श्रृंखला की औसत लम्बाई 692 km तथा उँचाई 918 meter है और यह सम्पूर्ण राजस्थान के 9.3% भाग में फैली है। अरावली पर्वत की सर्वोच्च चोटी माऊण्ट आबू में स्थित गुरु शिखर 1727 मीटर उँची है।

अरावली के उत्तर पश्चिम का भाग (जो कि राजस्थान के क्षेत्रफल का 3/5 भाग है) थार का मरुस्थल है। यह भाग रेतीला, कम उपजाऊ व सूखा है। इस क्षेत्र में नल्लें कहीं पर चट्टानों के उभार दिखाई देते हैं। इस क्षेत्र में श्री गंगा नगर, बीकानेर, जैसलमेर, बाड़मेर, चूरू, झुनझुन, जोधपुर, नागौर, सीकर जिलों के शुष्क भू भाग है। उत्तरी क्षेत्र में गंगानगर तथा बीकानेर व जोधपुर सम्भागों में इन्दिरा गांधी नहर के बनने से जलवायु शनैः शनैः परिवर्तित हो रही है। उत्तर पश्चिमी क्षेत्र की प्रमुख नदी 'सूनी नदी' है जो कि पुष्कर से निकलकर कच्छ की खाड़ी में गिरती है। इस क्षेत्र में साभर झील, पचभद्रा व डीडवाना जैसी खारे पानी की झीलें भी स्थित हैं जिनमें से साभर झील सबसे बड़ी है। इन झीलों के पानी से नमक बनाया जाता है। साभर झील से भारत के कुल उत्पादन का 8.7% नमक प्राप्त होता है।

अरावली के दक्षिण पूर्वी भाग (जो कि राजस्थान के क्षेत्रफल का 2/5 भाग है) के भू क्षेत्र (भरतपुर, सवाई माधोपुर व कोटा) में वर्षा ज्यादा होने के कारण हरे भरे क्षेत्र है। दक्षिण और दक्षिण पश्चिमी दिशा में बासवाड़ा, झगरपुर, उदयपुर, सिरोंही और वित्तौडगढ़ जिले आते हैं जो कि हरे भरे, अच्छी जलवायु वाले एवम् वनों की बाहुल्यता वाले क्षेत्र हैं। इस क्षेत्र की मुख्य नदियाँ चम्बल व बनास हैं और मोठे पानी की झीलों में जयसमंद, राजसमंद, नदसमंद, फाई सागर आदि प्रमुख हैं।

(2) जलवायु कारक (Climatic factors) -

किसी भी क्षेत्र की प्राकृतिक वन सम्पदा सबसे अधिक प्रभावित उस क्षेत्र में पाये जाने वाली जलवायु से होती है। राजस्थान की जलवायु वर्ष भर में अधिकांश समय शुष्क रहती है क्योंकि इस प्रान्त में अपेक्षाकृत कम वर्षा, उच्च ताप व तेज हवाएँ चलती हैं। जलवायु कारक के प्रभावों को निम्न बिन्दुओं के अधीन देखा जा सकता है -

(a) तापमान (Temperature)- इस राज्य में मौसम चक्र निम्न प्रकार चलता है -

ग्रीष्म ऋतु - मार्च से जून

वर्षा ऋतु - जुलाई से अक्टूबर

शरद ऋतु - नवम्बर से फरवरी तक

राजस्थान के उत्तर व उत्तर पश्चिमी क्षेत्र में गर्मी का सर्वाधिक प्रकोप रहता है और इस क्षेत्र में उच्चतम गर्मी व सर्दी युक्त जलवायु उत्तरी उष्ण कटिबन्धीय मरुस्थल

(North Tropical Desert) के समान है। इसके विपरीत दक्षिणी व पूर्वी क्षेत्रों में तापक्रम पहाड़ियों और वनों के कारण कम हो जाता है। राजस्थान में उच्चतम तापमान 50°C तक गगननगर में ग्रीष्मऋतु में पहुँच जाता है। राजस्थान में तापमान का विस्तार (Temperature Range) शीतऋतु में 0 से 25°C व ग्रीष्मऋतु में $25 - 50^{\circ}\text{C}$ तक रहता है। कभी कभी शीतऋतु में उत्तरी भागों में तापक्रम जनवरी माह में हिमोंक बिन्दु तक भी चला जाता है। राजस्थान में शीत व ग्रीष्मऋतु में पाये जाने वाले इस अत्यधिक तापक्रम विस्तार के कारण पश्चिमी क्षेत्र (जोधपुर, बाड़मेर, बीकानेर, जैसलमेर) की प्राकृतिक वनस्पति मरूभूमिदी प्रकार की है जबकि दक्षिणी क्षेत्र (उदयपुर, सिरोंही, बांसवाड़ा) में पर्णपाती वन पाये जाते हैं।

(b) वर्षा तथा आर्द्रता (Rainfall and Humidity) — राजस्थान में वर्षा काफी अनिश्चित व अनियमित होती है। राजस्थान में औसत वर्षा $30-35$ cm तक होती है। राजस्थान के पश्चिमी क्षेत्र में वर्षा 10 cm या इससे भी कम होती है किन्तु दक्षिण पूर्व में वर्षा 100 cm से अधिक होती है। राज्य में सर्वाधिक वर्षा माऊण्ट आबू (150 cm) व सबसे कम जैसलमेर (16 cm) में होती है।

वर्षा की मात्रा के आधार पर विश्वास और राव (Bisvas and Rao, 1953) ने राजस्थान को निम्न तीन भागों में विभाजित किया है —

- (i) $5''$ से $10''$ वर्षा वाले क्षेत्र — जैसलमेर व बाड़मेर का कुछ क्षेत्र
- (ii) $10''$ से $20''$ वर्षा वाले क्षेत्र — जोधपुर व बीकानेर
- (iii) $20''$ से $30''$ वर्षा वाले क्षेत्र — जयपुर, उदयपुर, अलवर, कोटा आदि क्षेत्र

राजस्थान राज्य के औसत आँकड़ों से यह निष्कर्ष निकलता है कि इस प्रान्त में पश्चिमी से पूर्व की ओर एवम् उत्तर से दक्षिण की ओर वर्षा की औसत दर बढ़ती है। वर्षा की इस विषमता के कारण पश्चिमी राजस्थान के भू भाग में जल स्तर काफी नीचे है वायु में आर्द्रता और वनस्पति की न्यूनता के कारण यह क्षेत्र मरूस्थलीय है।

शीत व ग्रीष्म ऋतु में बहने वाली हवाएँ प्रायः शुष्क होती हैं, किन्तु वर्षा ऋतु में वायु में आर्द्रता पाई जाती है। वायु में अपेक्षित आर्द्रता सर्वाधिक जुलाई से सितम्बर के मध्य रहती है व निम्नतम ग्रीष्मऋतु में मई व जून माह में रहती है।

वायुमण्डलीय आर्द्रता के आधार पर सरूप (Sarup, 1952) ने राजस्थान को तीन भागों में विभाजित किया —

- (i) दक्षिण व दक्षिण-पूर्वी भाग — जिसमें काफी वनस्पति पाई जाती है और यह क्षेत्र अरावली पर्वत श्रृंखलाओं तक फैला है।
- (ii) दक्षिण और दक्षिण पूर्वी भाग के समानान्तर पश्चिमी क्षेत्र — जहाँ मरूस्थलीय पौधे पाये जाते हैं।
- (iii) उत्तर पश्चिमी शुष्क भाग जहाँ की भूमि अनजपजाऊ है वनस्पति नहीं के बराबर है।

(c) हवा एवम् आँधियों (Wind and Storms) — राजस्थान के सिर्फ कुछ पर्वतीय क्षेत्रों को छोड़कर पूरे प्रान्त में आँधियों का प्रकोप बना रहता है। पश्चिमी राजस्थान में दक्षिण पश्चिम दिशा से निरन्तर 9 10 मील प्रतिघण्टा की गति से हवाएँ चलती रहती हैं। इन हवाओं की गति ग्रीष्मऋतु में 70 मील प्रति घण्टा तक भी हो सकती है जिसके परिणाम स्वरूप गर्म धूल भरी आँधी चलती है और इस प्रकार रेत के टीले एक स्थान से दूसरे स्थान की ओर निरन्तर अग्रसर होते रहते हैं, इसे बालू का स्तूप प्रयाग (Sand dune marching) भी कहते हैं। दक्षिण राजस्थान में हवाओं व आँधियों की गति इतनी तीव्र नहीं होती है और मृदा भी रेतीली न होने व वनस्पति से ढकी होने के कारण आँधी का इतना प्रकोप नहीं पाया जाता है। इन क्षेत्रों में अरावली पर्वत श्रृंखलाएँ भी एक प्राकृतिक अवरोध उपस्थित करती हैं। पूर्वी राजस्थान में हवा की गति काफी कम होती है।

(3) मृदा कारक (Edaphic factors) —

तम्हाने (Tamhane, 1952) ने राजस्थान की मृदा को दो प्रकारों में विभक्त किया है —

- (i) अरावली पर्वत के उत्तर पश्चिमी क्षेत्रों में पाई जाने वाली रेतीली बालू मृदा (Sandy soil) जिसमें वितरणीय लवणों की मात्रा अधिक होती है।
- (ii) अरावली पर्वत के दक्षिण पूर्वी क्षेत्र में पाई जाने वाली तुलनात्मक रूप से उपजाऊ बलुई दोमट (Sandy loam), मृत्तिका दोमट (Clay loam) व मृत्तिका मृदा (Clay soil)।

राजस्थान के उत्तर, उत्तर-पश्चिमी क्षेत्र में पाये जाने वाले मध्यस्थलीय क्षेत्र की मृदा अनुपजाऊ है किन्तु दक्षिण व दक्षिण-पूर्व का भाग उपजाऊ है। इस दोनों भागों के मध्य अरावली पर्वत श्रेणी एक प्राकृतिक सीमा बनाती है। अरावली के द्वारा विभाजित राजस्थान के दक्षिण भाग में विभिन्न प्रकार की लाल, पीली व काली उपजाऊ मृदा पाई जाती है। इस मृदा में पर्याप्त जैविक पदार्थ, कार्बनिक पदार्थ विभिन्न पोषक तत्व तथा जल धारण क्षमता होती है। भूमि में भूमिगत जलस्तर अधिक गहरा नहीं होता व इस क्षेत्र में अनेकों झीलें तथा पर्याप्त बाँध पाये जाते हैं जिससे सम्पूर्ण क्षेत्र हर भए वनस्पति व वनों से आच्छादित रहता है। दक्षिण राजस्थान में स्थित कोटा व बांसवाड़ा क्षेत्र में काली मिट्टी पाई जाती है जो कि उपजाऊ है, पूर्वी राजस्थान के अलवर व भरतपुर क्षेत्र में दोमट (Loam) मृदा, जयपुर व अजमेर के भागों में रेतीली दोमट (Sandy loam) एवम् पश्चिमी राजस्थान के जैसलमेर, बाड़मेर क्षेत्रों में (Sandy) मृदा पायी जाती है।

मृदा में विभिन्न प्रकार के कण पाये जाते हैं। पश्चिमी राजस्थान की मृदा में इन कणों का प्रतिशत निम्न प्रकार होता है —

मोटी बालू (Coarse sand)	=	94.75%
बारीक बालू (Fine sand)	=	1.21%
गाद (Silt)	=	1.62%
मृत्तिका (Clay)	=	2.42%

मृत्तिका व गाद की मात्रा कम होने से मृदा को पोषक तत्वों को रोकने और जल धारण क्षमता अत्यन्त कम हो जाती है। अधोभूमि जल (Sub soil water) बहुत कम मात्रा में पाया जाता है। जल स्रोत सिर्फ वर्षा ही है जो कि राजस्थान के अधिकांश स्थानों पर बहुत कम होती है। कुछ स्थानों पर गड्ढों में पानी भर जाता है जो कि वनस्पति के लिए जल स्रोत बनते हैं। इस क्षेत्रों की वनस्पति मरुदुर्मिद प्रकार की होती है।

मृदा pH (Soil pH) - मृदा pH अधिक होता है, ऐसा विश्वास किया जाता है कि कच्छ की खाड़ी से पश्चिमी हवाओं के लवण (NaCl) के कण उड़कर आते हैं। राजस्थान में प्रवेश करते करते इन हवाओं का वेग कम हो जाने के कारण लवण मिश्रित पूल कण गिर जाते हैं और वर्षा जल के साथ लवणीय झीलों में पहुँच जाते हैं। कम वर्षा एवम् अधिक वाष्पन के कारण भूमि से भी लवण बाहर की ओर आते हैं। इस प्रकार इन क्षेत्रों की वनस्पति में लवण मृदोदुर्मिद प्रकार की वनस्पति का प्रादुर्भाव होता है।

(4) जैविक कारक (Biotic factors) -

जैविक कारक के अन्तर्गत सभी जीवित प्राणियों की क्रिया कलापो का वनस्पति पर प्रभाव सम्मिलित है। पश्चिमी राजस्थान की अधिकांश लोक प्रजातियाँ ऊन व डेयरी उद्योग द्वारा अपना जीवन यापन करती हैं। इसके लिए वे भेड़ बकरियों व ऊँटों आदि को पालते हैं। पशु पालन के कारण मानव ने इन क्षेत्रों की वनस्पति पर इन पशुओं को अविवेक पूर्ण रूप से चराकर, वनस्पति को नष्ट कर दिया है इसके अतिरिक्त ये पशु अपने पैरों से वनस्पति को रोद कर भी नष्ट कर देते हैं। जिससे भूमि अस्थिर होकर अपना उपजाऊपन भी खो देती है। मानव ने अपने उपयोग व पशुओं के लिए सूखा चारा संप्रदित करने हेतु वनों की अनियमित व अविवेक पूर्ण कटाई करके भी वनस्पति को नष्ट किया है। पशु पालक *Zizyphus* व *Prosopis cineraria* की पत्तियों को सूखाकर पशुओं को खिलाते हैं व लकड़ी का प्रयोग ईंधन के रूप में करते हैं।

अरावली पर्वत श्रेणियों में आदिवासियों द्वारा स्थानान्तर कृषि (Jhum cultivation) से भी वनों का अत्यन्त हास हुआ है। बिल बनाकर रहने वाले प्राणी (Burrowing animals) वनस्पति के मूल तन्त्र को नष्ट कर देते हैं इनके अतिरिक्त दीमक (White ant), मरुस्थली टिड्डे (Desert Locust), जंगली गिलहरी (Wild Squirrel), खरहे (Hare) आदि भी वनस्पति को भिन्न भिन्न प्रकार से प्रभावित करते हैं।

राजस्थान की वनस्पति (Vegetation of Rajasthan)

राजस्थान प्रदेश अरावली पर्वत श्रृंखला द्वारा दो क्षेत्रों में विभाजित है -

(1) उत्तर पश्चिमी व (2) दक्षिण पूर्वी क्षेत्र। इन दोनों क्षेत्रों के पारिस्थितिक कारकों में भी भिन्नता होने के कारण प्राकृतिक वनस्पति में भी विभिन्नता पाई जाती है। अतः राजस्थान की वनस्पति के अध्ययन को भी प्रमुख तौर पर दो भागों में विभक्त किया गया है। उत्तर पश्चिमी व दक्षिण पूर्वी क्षेत्र की वनस्पति।

शिम्वर (Schimper) के वर्गीकरण के आधार पर ब्लैटर व हॉलबर्ग (Blatter and Hallberg, 1921) ने पश्चिमी राजस्थान की वनस्पति को 'फॉर्मेशन्स' (Formations)

कहा जिसका नियन्त्रण पूर्ण तथा मृदा कारक (Edaphic factor) द्वारा होता है। ब्लेटर व हॉलबर्ग के वर्गीकरण में निम्न 5 मुख्य 'फॉर्मेशन्स' हैं -

(1) जलीय (Aquatic) (2) रेतीले (Sandy) (3) ग्रेवल (Gravel) (4) चट्टानी (Rocky) (5) रुद्धल (Ruderals) इन फॉर्मेशन्स को छोटी इकाईयों जिन्हें 'समूह' (Association) कहा जाता है विभाजित किया गया है।

चेम्पियन (Champion, 1936) ने राजस्थान के वनों को निम्न चार प्रकार के वनों में वर्गीकृत किया -

- (1) 5b C₁ उत्तरी रेगिस्तानी कटीसे वन
(Northern Desert Thorn forest)
- (2) 5b C₂ उत्तरी अकेशिया स्क्रब वन
(Northern Acacia Scrub forest)
- (3) 5b C₃ उत्तरी यूफ़ोर्बिया स्क्रब
(Northern Euphorbia Scrub)
- (4) D Tr E₁₀ इन्लैंड ड्यून स्क्रब
(Inland Dune Scrub)

राजस्थान के विभिन्न क्षेत्रों का वानस्पतिक अध्ययन कई वैज्ञानिकों ने समय समय पर किया है। पश्चिमी राजस्थान की वनस्पति का विस्तृत अध्ययन सर्वप्रथम किंग (King, 1879), सुश्री मकाडम (Miss Macadam, 1890) व ब्लेटर और हालबर्ग (Blatter and Hallberg, 1918 व 1921) ने किया। इन के अलावा इस क्षेत्र का वानस्पतिक अध्ययन कुछ अन्य वैज्ञानिकों ने भी किया है जिनमें प्रमुख - सरूप (Sarup, 1951, 1952 व 1958), साँखला (Sankhla, 1951) व्यास (Vyas, 1955), सरूप व व्यास (Sarup and Vyas, 1958), पुरी व जैन (Puri and Jain, 1961) व मेहर होमजी (Meher Homji, 1955) आदि हैं।

इसी प्रकार पूर्वी राजस्थान का वानस्पतिक अध्ययन मुल्लै व रत्नम (Mulay and Ratnam, 1950), रत्नम व जोशी (Ratnam and Joshi, 1952), नैयर (Nair 1956), व्यास (1962, 1963, 1964 व 1965) आदि ने किया।

दक्षिण पूर्वी राजस्थान का वानस्पतिक सर्वेक्षण व्यास व रामदेव (Vyas and Ramdeo, 1964), व्यास (Vyas, 1965), रामदेव (Ramdev, 1965), अग्रवाल (Agarwal, 1971), गर्ग (Garg, 1972), रणावत (Ranawat, 1973), श्रीमाल (Shrimal, 1973) आदि ने किया है।

अरावली पर्वत श्रृंखला की सर्वोच्च चोटी माऊण्ट आबू की वनस्पति का अध्ययन सूतारिया (Sutarina, 1940), सरूप (Sarup, 1952), रायजादा (Rajzada, 1954) व जैन (Jain, 1962) ने किया है।

राजस्थान के जलस्रोतों में पाये जाने वाली जलीय वनस्पति का अध्ययन व्यास (Vyas, 1964 व 1968), व्यास व कुमार (Vyas and Kumar, 1968), धाकड़ (Dhakar,

1978), जैन (Jam, 1979), साँखला (Sankhla, 1981, 1982, 1989, 1990, 1991), साखला व व्यास (Sankhla and vyas, 1982), बिल्लौरे (Billore, 1982), पालीवाल (Paliwal, 1984, 1988 व 1989) आदि ने किया है।

राजस्थान की वनस्पति का विवरण निम्न बिन्दुओं के अन्तर्गत दिया जा सकता है -

- (1) राजस्थान के वन (Forests of Rajasthan)
- (2) पहाड़ी वनस्पति (Vegetation of Hills)
- (3) घाटियों की वनस्पति (Vegetation of Valleys)
- (4) घासस्थल (Grasslands)
- (5) रेतीले क्षेत्रों की वनस्पति (Vegetation of Sandy areas)
- (6) जलीय वनस्पति (Aquatic Vegetation)

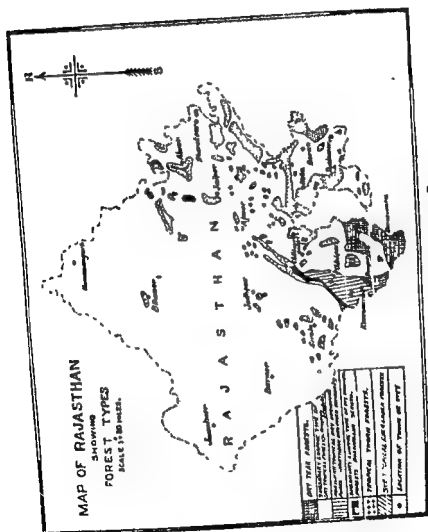
(1) राजस्थान के वन (Forests of Rajasthan) - चेम्पियन के वन वर्गीकरण के अनुसार राजस्थान में सात मुख्य प्रकार के वन पाये जाते हैं - (Fig 8.1)

(a) शुष्क सागवान वन (Dry Teak forests) - शुष्क सागवान वन लगभग 2000 वर्ग मील क्षेत्र में फैले हैं व मुख्यतया बांसवाड़ा वन मण्डल में पाये जाते हैं। सागवान वन सामान्य रूप से विशुद्ध वन के रूप में भी पाये जा सकते हैं किन्तु कभी कभी मिश्रित वन के रूप में भी पाये जा सकते हैं। सागवान (*Tectonia grandis*) के साथ पाये जाने वाली अन्य प्रमुख प्रजातियाँ - *Diospyros melanoxylon*, *Anogeissus latifolia*, *Aegle marmelos*, *Terminalia tomentosa*, *Lannea coromandelica* आदि हैं।

(b) *Anogeissus Pendula* वन - राजस्थान का यह मुख्य प्रकार का वन है जो कि 10,200 वर्ग मील क्षेत्र में फैला है व राजस्थान के कुल वन क्षेत्र का करीब 60% क्षेत्र इस प्रकार के वनों के अधीन है। *Anogeissus pendula* वन मुख्य रूप से दक्षिण पूर्वी राजस्थान में पाये जाते हैं। इस प्रकार के वनों के साथ कभी कभी *Acacia senegal* व *Acacia leucophloea* के वृक्ष भी पाये जाते हैं। इसके अतिरिक्त इन वनों में *Acacia catechu*, *Diospyros melanoxylon*, *Zizyphus maurandana*, *Bauhinia racemosa* आदि प्रजातियाँ भी पायी जाती हैं।

(c) मिश्रित पर्णपाती वन (Mixed Deciduous forests) - इस प्रकार के वन मुख्य रूप से उदयपुर वन मण्डल में फैले हैं। कोटा, बूंदी, बाराँ, जितौड़गढ़ व सिरोंही वन मण्डल के कुछ क्षेत्रों में भी इस प्रकार के वन पाये जाते हैं। इस प्रकार के वन के द्वारा आच्छादित कुल क्षेत्र लगभग 3500 वर्ग मील है। इस प्रकार के वन की मुख्य प्रजाति *Anogeissus latifolia* है जो कि विशेष तौर पर पहाड़ों पर पाई जाती है। पठारी व मैदानी क्षेत्र में *Boswellia serrata*, *Casua fistula*, *Albizia sp.*, *Acacia catechu*, *Adina cordifolia*, *Terminalia tomentosa* आदि प्रजातियाँ पाई जाती हैं।

(d) *Boswellia serrata* वन - *Boswellia serrata* वन अरावली की ऊपरी पर्वतीय शिखरों पर विशुद्ध वन क्षेत्र के रूप में पाये जाते हैं। इस प्रकार के वन मुख्यतया



चित्र 8.1 राजस्थान के वनों का मानचित्र

अलवर, चित्तौड़गढ़, उदयपुर, सिरोही, अजमेर, जयपुर व जोधपुर क्षेत्र में पाये जाते हैं व करीब 1000 वर्गमील क्षेत्र में फैले हैं। इन वनों की मुख्य प्रजातियाँ *Lannea coromandelica*, *Sterculia urens* हैं। इनके अतिरिक्त *Embolica officinalis* व *Anogeissus latifolia* विभिन्न अनुपात में इस वनो में पाये जाते हैं।

(c) *Butea Monosperma* वन - *Butea monosperma* काली मृत्तिका मृदा की मुख्य प्रजाति है व व्यावहारिक रूप से सभी घाटियों में पाई जाती है। सामान्य रूप से यह प्रजाति विशुद्ध रूप से पाई जाती है किन्तु कभी कभी *Acacia leucophloea* व *Zizyphus maurandiana* आदि के साथ मिश्रित रूप से भी पाई जाती है। इस प्रकार के वन के अन्तर्गत पाये जाने वाला वन क्षेत्र राजस्थान के कुल वन क्षेत्र की तुलना में नगण्य सा है।

(f) Tropical Thorn forest -- इस प्रकार के वन मैदानों में, निचले स्तर के पहाड़ी इलानों और उतार चढ़ाव वाले जोधपुर, जयपुर व अजमेर वन मण्डल के क्षेत्रों में पाये जाते हैं जहाँ पर वार्षिक वर्षा 250 mm से 500 mm के मध्य होती है ये वन काफी विवृत (Open) होते हैं और इन वनों में पाये जाने वाली सामान्य प्रजातियाँ - *Prosopis spicigera*, *Zizyphus xylocarpa*, *Acacia jacquemontii*, *Capparis decidua*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia arabica* आदि हैं। यहाँ वहाँ *Euphorbia nriulua* और *Calotropis* की प्रजातियों के क्षुप (Shrub) भी पाये जाते हैं।

(g) Subtropical Evergreen forests -- इस प्रकार के वन माऊण्ट आबू के चारों ओर 3500 से 5500 फीट की ऊँचाई वाले क्षेत्रों में पाये जाते हैं व इनका क्षेत्रफल भाग 20 वर्ग मील के लगभग है। इस क्षेत्र के इलानों पर *Mangifera indica* और *Strygium cumini*, *Flacourtia indica*, *Bauhinia purpurea*, *Craigaia religiosa* आदि प्रजातियाँ सामान्य रूप से पाई जाती हैं। इनके अतिरिक्त कुछ अन्य प्रमुख धानाकर्षित करने वाली प्रजातियाँ *Carrisa apaca*, *Jasminum humile*, *Rosa moschata*, *Girardiana heterophylla* व *Orchid Aerides crispam* आदि हैं।

(2) पहाड़ी वनस्पति (Vegetation of Hills) -- पश्चिमी राजस्थान में पहाड़ियाँ छोटी छोटी व कम ऊँचाई वाली हैं। इन पहाड़ियों की वनस्पति प्रमुख प्रजातियाँ *Euphorbia*, *Grewia*, *Capparis*, *Cordia*, *Anogeissus* व *Mayrus* हैं।

पूर्वी राजस्थान की मृदा कुछ बेहतर है, पहाड़ियाँ अधिक ऊँची हैं, यहाँ वर्षा भी अधिक होती है। इन सभी कारणों से इस क्षेत्र की वनस्पति पश्चिमी राजस्थान की वनस्पति से बेहतर है व पश्चिमी राजस्थान में पाई जाने वाली सभी प्रजातियों के अतिरिक्त *Boswellia*, *Terminalia*, *Bauhinia*, *Bombax* की प्रजातियाँ प्रमुख हैं। इस क्षेत्र में वृक्षों की तुलना में क्षुप प्रजातियाँ *Capparis*, *Zizyphus*, *Mallotus*, *Hefectris*, *Maytenus* अधिक हैं। अलवर वन मण्डल क्षेत्र में हिमालय क्षेत्र की *Mitragyna*, *Randia*, *Woodfordia*, *Gmelina* जैसी प्रजातियाँ पाई जाती हैं, व्यास (Vyas, 1962)।

दक्षिणी राजस्थान की मृदा मृत्तिका (Clayey) प्रकार की है इस क्षेत्र की पहाड़ियों की ऊँचाई अधिक है व वर्षा भी अधिक होने के कारण इस क्षेत्र में सघन वनस्पति पाई

जाती है। यहाँ पर वृक्षों की बहुलता है व क्षुप विलुप्त हो गये हैं। इस क्षेत्र में निम्न प्रजातियों के वृक्ष प्रमुखता से पाये जाते हैं - *Salmelia*, *Gmelina*, *Madhuca*, *Cordia*, *Butea*, *Terminalia*, *Tectona*, *Anogeissus*, *Diospyros*।

(3) घाटियों की वनस्पति (Vegetation of Valleys) - राजस्थान में लम्बी लम्बी पर्वत श्रृंखलाएँ एक दूसरे के समानान्तर फैली हैं जिसके कारण उनके बीच में घाटियाँ (Valleys) बन गई हैं। ये घाटियाँ (1) खुली (2) ठण्डी व छायादार हो सकती हैं।

(1) विवृत और खुली (Open and Exposed) घाटियों की बहुवर्षीय प्रजातियाँ *Acacia nilotica*, *Butea monosperma*, *Balanites aegyptica*, *Adhatoda vasica*, *Capparis zeylanica* आदि हैं।

(2) ठण्डी व छायादार घाटियों (Cold and Shaded valleys) में *Butea monosperma*, *Madhuca indica*, *Grewia flavescens*, *Mitragyna parvifolia* व *Dendrocalamus strictus* आदि के वृक्ष पाये जाते हैं।

(4) घास स्थल (Grasslands) - पुरी (Puri, 1960) के मत में राजस्थान के घास स्थल मरुदमिदी घास स्थल (Xerophilous grasslands) श्रेणी में आते हैं। व्यास (Vyas, 1964) ने पूर्वी राजस्थान के असग-अलग स्थानों के घास स्थलों का अध्ययन करके निम्न समुदायों की पहचान की -

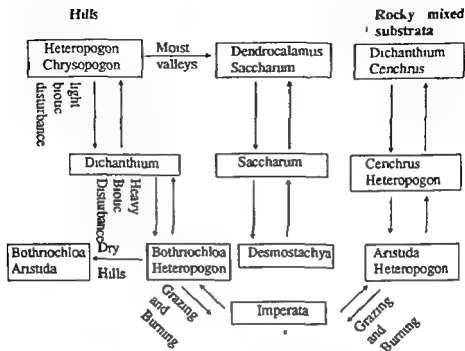
घासस्थल समुदाय (Grassland community)	आवासस्थल (Habitat)
1 <i>Bothriochloa</i> - <i>Anstida</i>	शुष्क पहाड़ियाँ
2 <i>Heteropogon</i> - <i>chrysopogon</i>	पहाड़ी ढलान
3 <i>Dichanthium</i> - <i>Cenchrus</i>	चट्टान मिश्रित स्थान
4 <i>Dendrocalamus</i> - <i>Saccharum</i> - <i>Vetiveria</i>	नम घाटियाँ
5 <i>Cenchrus</i> - <i>Eragrostis</i> - <i>Dichanthium</i>	रेतीले मैदान
6 <i>Dichanthium</i> - <i>Cynodon</i>	रेतीले दोमट मैदान
7 <i>Saccharum</i> - <i>Cynodon</i> - <i>Eragrostis</i>	रेतीले नदी के पेरे
8 <i>Arthraxon</i> - <i>Vetiveria</i>	दलदली स्थान

व्यास (1964) ने पूर्वी राजस्थान के अलवर क्षेत्र के घास स्थलों व चरागाहों का अध्ययन करते वक्त वहाँ के चरागाह क्षेत्रों में सम्भावित अनुक्रमण प्रवृत्ति (Succession trend) का वर्णन किया है। जिसे पृष्ठ 172 पर रेखांकित किया गया है।

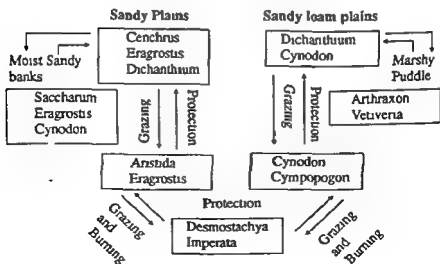
(5) रेतीले क्षेत्रों की वनस्पति (Vegetation of Sandy areas) - जोधपुर, बीकानेर, जैसलमेर व अलवर और जयपुर के कुछ भागों में रेतीले मैदानी क्षेत्र पाये जाते हैं। इन रेतीले मैदानी क्षेत्रों की वनस्पति को निम्न दो प्रकारों में विभक्त किया जा सकता है -

(i) वे पौधे जो कि वर्षा जल पर निर्भर रहते हैं - इस प्रकार के पौधे वर्षा ऋतु में प्रथम वर्षा के साथ ही उग आते हैं व शीघ्र ही अपनी जीवन चक्र पूर्ण कर लेते हैं। जैसा कि *Mallugo*, *Gissakia*।

पहाड़ी क्षेत्रों में अनुक्रमण प्रवृत्ति



असबर के मैदानी क्षेत्र में अनुक्रमण प्रवृत्ति



- (ii) वे पौधे जो कि मृदा जल पर निर्भर रहते हैं - इस प्रकार के पौधों का मूल तन्त्र (Root system) सुविकसित होता है व जल अवशोषण हेतु मूल काफी लम्बी होती है। इन पौधों में मरुभूमि अनुकूलन (Xerophytic Adaptation) पाये जाते हैं।

मृदा कारक के आधार पर इन रेतीले मैदानों की वनस्पति का अध्ययन निम्न तीन बिन्दुओं के अन्तर्गत किया जा सकता है -

(i) एक स्थान से दूसरे स्थान पर उड़ने वाले रेतीले टीलों की वनस्पति (Vegetation of moving sand dune areas) - ऐसे टीले पश्चिमी राजस्थान के जैसलमेर बाड़मेर व बीकानेर क्षेत्रों व पिलानी और शेखावटी क्षेत्र में पाये जाते हैं। इन क्षेत्रों में पाये जाने वाले पौधों में *Calligonum polygonoides* *Leptadaenia pyrotechnica* *Alhagi camelorum* *Calotropis procera* आदि मुख्य हैं।

(ii) स्थिर टीलों वाले क्षेत्रों की वनस्पति (Vegetation of stable sand dunes) - इस प्रकार के टीलों पर *Prosopis spicigera* *Tecomella undulata* *Acacia senegal* *Capparis decidua* *Calotropis procera* आदि प्रजातियों के पौधे पाये जाते हैं।

(iii) स्थिर रेतीले क्षेत्रों की वनस्पति (Vegetation of areas with stabilized sand) - इन क्षेत्रों की प्रमुख प्रजातियाँ - *Acacia senegal* *Prosopis spicigera* *Capparis decidua* *Acacia nilotica* *Zizyphus numularia* *Maytenus senegalensis* आदि हैं।

(6) जलीय वनस्पति (Aquatic vegetation) - जलीय वनस्पति को Weaver व Clements (1929) ने तीन वृहद् पादप समूहों में वर्गीकृत किया है। इन समूहों में सम्मिलित पौधों को जल वायु व मृदा सम्पर्क के आधार पर निम्न छ जीव रूपों (Life forms) में विभक्त किया गया है -

(A) प्लवमान जलोद्भिद (Floating Hydrophytes) - इस प्रकार के पादप जल की सतह पर तैरते रहते हैं अतः ये पौधे जल तथा वायु दोनों से सम्पर्क बनाये रखते हैं। इन पौधों को मृदा से सम्बन्ध के आधार पर दो भागों में विभाजित किया गया है -

(i) स्वतन्त्र प्लवमान (Free floating) - इस वर्ग के पादप स्वतन्त्र रूप से जल की सतह पर तैरते रहते हैं और सिर्फ जल व वायु के सम्पर्क में रहते हैं। जैसे - *Lemna* *Spirodella* *Eichhornia* *Azolla* *Pistia stratiotes* इत्यादि।

(ii) स्थिर प्लवमान (Anchored floating) इस श्रेणी के पौधे प्लवमान स्थिति में तो रहते हैं किन्तु इनकी मूल जलाशय के घेरे में कीचड़ में घसी रहती है। अतः इन पौधों का सम्पर्क जल वायु तथा मृदा तीनों से रहता है। जैसे कि *Nelumbium* *Nymphaea* *Victoria regia* *Apomogeton* *Trapa natans* *Marsilea* आदि।

(B) निमग्न जलोद्भिद (Submerged Hydrophytes) - ऐसे जलीय पादप जल सतह के नीचे पाये जाते हैं। पूर्ण रूप से जल में डूबे रहते हैं अतः इनका वायु से सम्पर्क नहीं रहता है। निमग्न जलोद्भिद भी दो प्रकार के होते हैं -

- (iii) निलम्बित निमग्न (Suspended Submerged) - इस श्रेणी के पादप मात्र जल के सम्पर्क में रहते हैं और पानी में निमग्न अवस्था में तैरते रहते हैं जैसे कि *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton pectinatus*, *Najas minor*, *Utricularia stellaris*, *Utricularia flexuosa* आदि।
- (iv) स्थिर निमग्न (Anchored Submerged) - इस वर्ग के पादपों का अधिकांश हिस्सा मृदा व जल के सम्पर्क में रहता है। ऐसे पौधे जड़ों के द्वारा एक ही स्थान पर स्थिर रहते हैं। इस वर्ग के पौधों के पृथ्वी जल सतह के कुछ ही ऊपर निकलते होते हैं। इस वर्ग में *Hydrilla verticillata*, *Vallisneria spiralis*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton nodosus* आदि सम्मिलित हैं।

(C) जल स्थलीय जलोद्भिद (Amphibious Hydrophytes) - इस समूह के पादपों का कुछ भाग जल तथा शेष भाग वायु में होता है। एवम् ये पौधे स्थलीय व जलीय दोनों प्रकार के अनुकूलन दर्शाते हैं। जल स्थलीय जलोद्भिद भी दो प्रकार के होते हैं -

- (i) जल से बाहर निकलते जल स्थलीय पादप (Emergent Amphibious Hydrophytes) - इस समूह के पादपों की जड़ें तथा प्रबल पानी के नीचे कीचड़ में रहते हैं और प्ररोह तन्त्र का निचला हिस्सा पानी में डूबा रहता है जबकि शेष भाग बाहर होता है जैसे - *Lumnophila heterophylla*, *Scirpus erectus*, *Paspalum geminatum*, *Sagittaria sagittifolia*, *Ranunculus aquatilis* आदि।
- (vi) दलदली पादप (Marsh plants) - इस श्रेणी के पादप जलीय आवासीय क्षेत्रों के किनारों पर व दलदली आवास में पाये जाते हैं इनका जीवन अर्धजलीय जलोद्भिद (Mesophytes) पौधों के समान होता है जैसे कि - *Typha*, *Phragmites*, *Herpestes moniera*, *Polygonum*, *Alternanthera sessilis*, *Rumex dentatus*, *Eclipta prostrata* आदि।

जलराशियों के मध्य के गहरे क्षेत्रों से किनारों के उपरि क्षेत्रों की ओर आने पर प्रमुख प्रजातियाँ निम्न प्रकार से बदलती हैं -

<i>Vallisneria</i>	→	<i>Utricularia</i>	→	<i>Ceratophyllum</i>
<i>Potamogeton</i>	→	<i>Hydroryza</i>	→	<i>Polygonum</i>
<i>Marsilea</i>	→	<i>Ammania</i>	→	<i>Alternanthera</i>
<i>Herpestes</i>				

खण्ड (ब) पादप भूगोल (Phyto-Geography)

अध्याय : 9

पादप भूगोल-परिचय

(Phyto-Geography, An introduction)

सत्तार मे किसी भी दो जगह की वनस्पति पुर्णतया समान नही होती । निकटस्थ जगह की वनस्पति मे भी कुछ भिन्नता अवश्य ही पाई जाती है । पादप भूगोल हमे पौधो के वर्तमान और अतीत मे भौगोलिक वितरण के सम्बन्ध मे ज्ञान कराता है । वास्तव मे यह सजीव भूगोल का अध्ययन है । विश्व मे पौधे कहाँ कहाँ पाये जाते है ? क्या इन पौधो का उद्भव उसी स्थान पर हुआ है या अन्यत्र से वहाँ पहुँचे है ? आदि ऐसे अनेक प्रश्न है जिनका उत्तर पादप भूगोल के माध्यम से दिया जा सकता है । पादप के भौगोलिक वितरण की वर्तमान स्थिति को ज्ञात करना तो अपेक्षाकृत सरल है परन्तु सामान्यतया इस वितरण की व्याख्या करना कठिन व विवादास्पद है । जब से मनुष्य ने कृषि कार्य प्रारम्भ किया है उसने उपयोगी पौधो को एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाना और उगाना प्रारम्भ किया, तभी से पादप वितरण प्रकार भी अत्यधिक प्रभावित हुआ है । मानव घटक ने पौधो पर अपनी निर्भरता के कारण प्रकृति के सतुलन व पादप वितरण को बहुत प्रभावित किया है । अतः पादप भूगोल के अध्ययन मे मनुष्य के इतिहास का ज्ञान होना भी आवश्यक है । पर्यावरणीय कारक पौधो के वितरण को सबसे अधिक प्रभावित करते है । इसके अतिरिक्त आकारिकी, आनुवांशिकी आदि विषयो का ज्ञान भी आवश्यक है । इस प्रकार पादप भूगोल पारिस्थितिकी के सन्निकट और बहु आयामी है ।

पादप भूगोल की परिभाषा, प्रकार एवं संक्षिप्त इतिहास :- विश्व मे भिन्न भिन्न स्थानो के पौधो और जन्तुओ के प्रकार, उनकी उत्पत्ति, वितरण आदि पहलुओ के वैज्ञानिक अध्ययन को जैव भूगोल (Bio-geography) कहते है तथा इसी दृष्टिकोण से पादपों के अध्ययन को पादप भूगोल (Plant geography or Phyto geography) कहा जाता है । पादप भूगोल के अध्ययन को दो प्रमुख भागो मे बाँटा जा सकता है ।

- (i) **पादपी पादप भूगोल (Floristic Phyto- Geography)** -- यह पौधो के वर्गीकरण से सम्बन्धित है । इसमे जाति, प्रजाति या कुल के वितरण का अध्ययन होता है ।
- (ii) **वानस्पतिक पादप भूगोल (Vegetational Phyto- geography)** -- इसमे वनस्पति समुदायो के वितरण का अध्ययन होता है । अठारहवीं शताब्दी के अन्त तक पादप भूगोल पृथक विषय न हो कर प्रकृति अध्ययन का ही एक अंग था उन्नीसवीं शताब्दी के प्रारम्भ मे विश्व के विभिन्न भागो मे पौधो का वितृत सग्रह किया गया और पादप सूचियाँ (Flora) प्रकाशित की गई । इस तरह पादपों के वितरण सम्बन्धी प्रारम्भिक ज्ञान समुदायो के विवरणो तक ही सीमित रहा । इसके श्रेय वान हम्बोल्ट (1805), मेयेन (1836) डे कैंडोल (1855) आदि को है । वान

हम्वोल्ट को पादप भूगोल का पिता कहा जाता है। इन अध्ययनों में जलवायु कारक के अतिरिक्त पौधों के पूर्व इतिहास, प्रवास और मृदा कारक के प्रभावों पर भी विचार किया गया। डे कैन्डोल ने सर्वप्रथम पौधों के जीवाश्मिक इतिहास के ज्ञान की आवश्यकता पर बल दिया था। यद्यपि उस समय तक डार्विन के विकासवाद का सिद्धान्त प्रतिपादित व प्रकाशित नहीं हुआ था परन्तु डे कैन्डोल ने जातियों के विकास की सम्भावना व्यक्त कर दी थी। जिनके आधार पर उनके वितरण की व्याख्या की जा सकती थी। बाद के वर्षों में पौधों के नामकरण, विकास सिद्धान्त के प्रतिपादन, जीवाश्मों के अध्ययनों और भूवैज्ञानिक सिद्धान्तों के विकास के बाद इस शताब्दी के प्रारम्भ में व्याख्यात्मक (Interpretive) पादप भूगोल का विकास हुआ। इसी बीच विवरणात्मक (Descriptive) पादप भूगोल का भी विकास हुआ। इस प्रकार वर्तमान में पादप भूगोल के अध्ययन को दो प्रमुख क्षेत्रों में विभाजित किया जाता है। प्रथम वर्गात्मक या स्थैतिक (Descriptive or Static Phytogeography)। यहाँ स्थैतिक शब्द का प्रयोग वनस्पति के लिये प्रयुक्त करना उचित नहीं है क्योंकि यह चरम अवस्था में भी गतिक तंत्र है तथा वातावरण के साथ सदैव एक गतिक सतुलन में रहती है। इस क्षेत्र में समुदायों के अध्ययन के अतिरिक्त पादप सगठन की समानताओं के आधार पर पादपी प्रान्तों या मण्डलों (Floristic Provinces or Floristic Regions) की स्थापना की गई। द्वितीय व्याख्यात्मक या गतिक या विश्लेषणात्मक (Interpretive or Dynamic or analytical Phytogeography) पादपभूगोल — इसके अन्तर्गत किसी स्थान पर पाई जाने वाली वनस्पति या पादप समुदाय का विश्लेषणात्मक अध्ययन किया जाता है। उस क्षेत्र में प्राप्त वनस्पति वहाँ क्यों और कैसे आई उनका उद्‌विकास एवम् विस्तारण कैसे हुआ होगा आदि प्रश्नों का विचार कर वर्तमान वितरण की व्याख्या की जाती है। इसी काल खण्ड में पारिस्थितिकी सिद्धान्तों के साथ साथ पादप भूगोल के सिद्धान्तों का भी प्रतिपादन हुआ। इनमें ग्राइस बाख (1872), डूड (1890) शिमर (1898), गुड (1947, 1964) के नाम उल्लेखनीय हैं। आधुनिक पादप भूगोल शाखियों में बुल्क (1943), केन (1944) गुड (1964) टरिल (1953), पालुनिन (1960) आदि का नाम प्रमुख है।

पादप भूगोल का क्षेत्र या विस्तार

पादप भूगोल में पौधों के वितरण की व्याख्या करना सदैव कठिन तथा विवादास्पद रहा है। इसके लिये बहुसंख्य विज्ञान का ज्ञान होना आवश्यक है जैसे वितरण सम्बन्धी समस्याओं के अध्ययन के लिये प्रथम वितरण का वास्तविक अध्ययन आवश्यक है जो कि विश्व के विभिन्न पादप सगठन के अध्ययन से ज्ञात किया जाता है। इसमें विश्व के समस्त पादपों को सूचीबद्ध करना सम्मिलित है। यह अत्यन्त कठिन व दूरह कार्य है। वर्तमान व अतीत में वितरण की व्याख्या करने के लिये सम्बन्धित जाति या प्रजाति का पारिस्थितिकीय अध्ययन करना आवश्यक होता है। प्रत्येक पौधे की कुछ विशिष्ट पर्यावरणीय आवश्यकताएँ होती हैं। पर्यावरण के विभिन्न कारकों के प्रति इनकी सहनशीलता का निर्धारण आनुवांशिकी

के आधार पर होता है। अतः इसमें आनुवांशिकी (Genetics) का ज्ञान होना भी आवश्यक है। इस तरह वितरण क्षेत्र का पर्यावरण उस पौधे की सामान्य वृद्धि के अनुकूल होता है परन्तु इनका यह आशय कदापि नहीं है कि अन्य क्षेत्रों का पर्यावरण उस पौधे की वृद्धि के अनुकूल नहीं है। इसके लिये हमें विभिन्न भौगोलिक स्थलों के पर्यावरण का विस्तृत ज्ञान होना भी आवश्यक है। इसके साथ साथ पौधे के अतीत का इतिहास और जातिवृत्तीय सबन्धों का अध्ययन भी आवश्यक होता है। जीवाश्मों के अध्ययन से पादपों के पूर्वजों का पता लगा कर, पूर्वकाल में हुए प्रवासों आदि के अनुमान से वर्तमान में वितरण के प्रकार की व्याख्या की जाती है। इसके लिये अतीत का हर पहलु से अध्ययन एवम् ज्ञान का होना आवश्यक है। यह निर्विवाद एवम् शाश्वत सत्य है कि पादप भूगोल के अध्ययन में पारिस्थितिकी अध्ययन की आवश्यकता अनुभूत होती है। इस विज्ञान की सीमाएं अनन्त हैं तथा इसके अध्ययन के लिये विज्ञान की अन्य शाखाओं का समावेश करना भी आवश्यक है। इसके गहन एवम् विस्तृत अध्ययन के लिये वनस्पति शास्त्र की अन्य शाखाओं जैसे वर्गीकी, आकारिकी, कार्यिकी, आन्तरिक संरचना, आनुवांशिकी विकास इत्यादि के अलावा भौतिकी, रसायन, भूगर्भ तथा मौसम विज्ञान आदि का ज्ञान होना अत्यन्त आवश्यक है।

भारत के पादप भौगोलिक क्षेत्र (Phyto-Geographical Regions of India)

विवरणात्मक पादप भूगोल (Descriptive plant geography) का अध्ययन क्षेत्र विभिन्न जलवायु प्रदेशों के विश्लेषण तथा विभिन्न पादप समुदायों के भौगोलिक वितरण से सम्बन्धित है। किसी स्थान का पादप जात (Flora) तथा वनस्पति (Vegetation), उस स्थान के विशिष्ट लक्षणों को परावर्तित (Reflect) करती है। पादप जात से हमारा सात्पर्य उस क्षेत्र में पाई जाने वाली पादप जातियों, प्रजातियों के नामों, लक्षणों तथा वितरण से है, जबकि उस क्षेत्र की वनस्पति के अन्तर्गत पादप समूहों के संगठन, आकार, विस्तार, उद्भव, आवरण (Cover), आधार आवरण (Basal cover), विकास आदि बिन्दुओं के अध्ययन पर बल दिया जाता है। वस्तुतः यह पादप समुदायों के दृष्टिगत प्रकारों से सम्बन्धित है अर्थात् उपस्थिति, वनस्पति का प्रकार - वन (जिसमें अधिसंख्य पादप वृक्ष होते हैं) या घास स्थल (जिसमें अधिसंख्य पौधे घास के साथ कुछ क्षुप व शाक होते हैं) या महस्यस इत्यादि जैसा है। जलवायवीय कारक के घटक मुख्यतः तापमान व वर्षा किसी प्राकृतिक वास (Habitat) की वनस्पति के विकास तथा वितरण को प्रधानतः प्रभावित करते हैं। अतः वर्णनात्मक पादप भूगोल के अध्ययन में जलवायु का ज्ञान विषय को अच्छी तरह समझने में सहायक होता है।

समान्यतः पादप भौगोलिक क्षेत्र, भौतिक भौगोलिक क्षेत्र से साम्य रखते हैं।

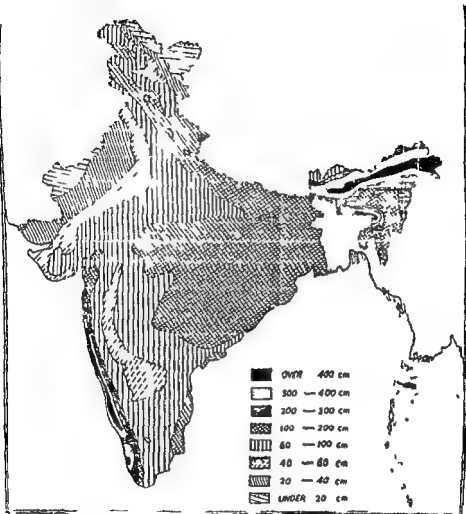
यहाँ हम भारत की जलवायु का संक्षिप्त अध्ययन करेंगे।

भारत एक सुनिश्चित एवम् सुस्पष्ट भौगोलिक इकाई है। यहाँ की जलवायु की विभिन्नता तथा विषमता इसकी भूआकृतिक विविधता तथा अत्यधिक विस्तार का परिणाम है। भारत के उत्तर में स्थित हिमालय पर्वत श्रृंखलाएँ सदैव हिमाच्छादित रहते हुए ध्रुव प्रदेश की जलवायु का आभास देती हैं। पूर्व में स्थित चेरापूजी विश्व का सर्वाधिक वर्षा वाला भूभाग रहा है तो पश्चिमी राजस्थान के कुछ महस्यसीय प्रदेश एकदम शुष्क हैं। दक्षिण भारत के पश्चिमी घाट क्षेत्र अत्यधिक आर्द्र तथा गर्म होने से सघन वन क्षेत्रों से आच्छादित है। गंगा के मैदानी भूभाग आर्द्र एवम् उपजाऊ है। जलवायु की इसी विविधता तथा प्राकृतिक प्रवास बाधक के कारण यहाँ विविध प्रकार की वनस्पति का अद्भुत संगम हुआ है। विश्व जलवायु के वर्गीकरण के अनुसार भारत की जलवायु को मानसूनी जलवायु कहा जाता है।

वर्षा के आधार पर भारत को चार जलवायवीय प्रदेशों (Climatic regions) में विभक्त किया गया है। (चित्र 10.1)

भारत के जलवायवीय प्रदेश (Climatic regions of India)

1. नम क्षेत्र (Wet zone) : इस क्षेत्र में 200 से० मी० से अधिक वर्षा होती है। इसके अन्तर्गत केरल, कर्नाटक, बम्बई के पश्चिमी तटवर्ती क्षेत्र, बंगाल, बिहार, आसाम, मेघालय, उड़ीसा, उत्तर प्रदेश के तराई क्षेत्र, मध्य प्रदेश के कुछ भाग आते



चित्र 101 : भारत की औसत वार्षिक वर्षा

है। इन क्षेत्रों में प्राकृतिक वनस्पति उष्ण आर्द्र सदाबहार, उष्ण अर्ध सदाबहार तथा उष्ण नम पर्णपाती वनों की होती है।

2. **मध्यवर्ती क्षेत्र (Intermediate zone) :** इस क्षेत्र में वर्षा 100 से० मी० से अधिक तथा 200 से० मी० से कम होती है। इसमें मद्रास, उत्तर प्रदेश पूर्वी मध्य प्रदेश, हिमाचल प्रदेश, जम्मू, पंजाब, दक्षिणी उत्तर-पश्चिमी दक्कन के क्षेत्र सम्मिलित हैं। यहाँ अधिकांशतः पर्णपाती वन पाये जाते हैं।
3. **शुष्क क्षेत्र (Dry zone) :** पश्चिमी उत्तर प्रदेश, पंजाब के कुछ भाग, देहली, गुजरात, पश्चिमी मध्य प्रदेश, महाराष्ट्र, कर्नाटक, दक्षिण आन्ध्र प्रदेश जहाँ वार्षिक वर्षा 50-100 से० मी० तक होती है। शुष्क क्षेत्र कहलाते हैं। यहाँ की प्राकृतिक वनस्पति कटीले झाड़ (Thorny scrub) तथा अपेक्षाकृत नम स्थानों में शुष्क पर्णपाती वनों की होती है।
4. **मरु क्षेत्र (Arid zone) :** इस क्षेत्र के अन्तर्गत विशाल मरुस्थलीय व अर्ध मरुस्थलीय क्षेत्र, पंजाब का दक्षिण-पश्चिमी भाग, पश्चिमी राजस्थान, उत्तर पश्चिमी गुजरात, दक्षिण सिंध के मैदान आते हैं जहाँ 50 से० मी० से भी कम वार्षिक वर्षा होती है। जिनमें प्राकृतिक वनस्पति कटीले वनों की होती है।

भारत के पादप भौगोलिक क्षेत्र या भारतीय वनस्पति क्षेत्र (Phytogeographical regions of India or Botanical regions of India):

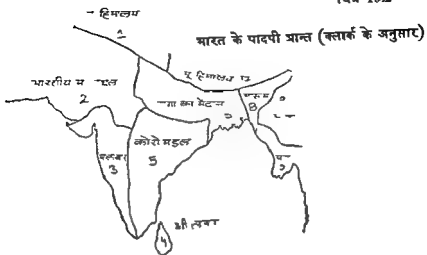
भारत में पादप भौगोलिक अध्ययनों का प्रारम्भ हुकर ने 1855 में अपनी पुस्तक "फ्लोरा इंडिका" से किया। इसमें उस समय के ब्रिटिश इंडिया को नौ पादपी प्रान्तों (Floral or Botanical provinces) में विभक्त किया गया तथा यहाँ पाये जाने वाले पादपी तत्वों (Floristic elements) का भी विशद विश्लेषण किया गया परन्तु बाद के सौ वर्षों में इस पादप सूची का नवीनीकरण नहीं किया जा सका। मेहर होम जी और मिश्रा (1973) ने उपलब्ध प्रकाशनों के आधार पर तब तक के अध्ययनों की समीक्षा प्रस्तुत की। पादप संगठन स्वरूप, भूआकृति (Physiography) तथा जलवायु के आधार पर वैज्ञानिकों ने पादपों को कुछ पादपी प्रान्तों में विभाजित किया है। जिनमें हुकर (1855), क्लार्क (1998), प्रेज, (1908) चटर्जी (1939), रोजी (1955) तथा लेग्रिस (1963) के नाम उल्लेखनीय हैं। रोजी ने भूआकृतिक, जलवायु तथा प्रवास मार्गों के अध्ययन के आधार पर भारत को 22 पादपी प्रान्तों में विभक्त किया है हालांकि पादप भौगोलिक दृष्टि से चटर्जी (1939) का वर्गीकरण अधिक उपयुक्त है। चित्र 10.2 से 10.5 तथा सारणी 10.1 में इन वर्गीकरणों का तुलनात्मक अध्ययन प्रस्तुत किया गया है। भारत के वर्तमान भौगोलिक आधार (पाकिस्तान, लका व बर्मा के अतिरिक्त) पर सामान्यतः आठ पादपी प्रान्तों या वानस्पतिक क्षेत्रों (Botanical regions) में बाटा जाता है (चित्र 10.6)। इस पादपी प्रान्तों के मुख्य वानस्पतिक समुदाय निम्न प्रकार हैं।

1. **पश्चिमी हिमालय (Western Himalayas) :** पूर्व में उत्तर प्रदेश के कुमाऊ से पश्चिम में कश्मीर तक फैले इस भूभाग में तापमान बहुत कम रहता है। यहाँ

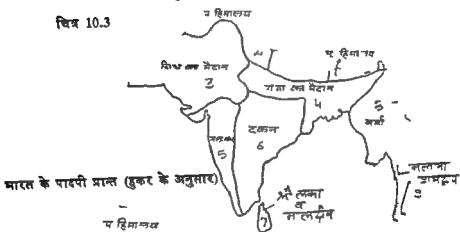
सारणी 10.1 भारत के पादपी प्रांत

क्षेत्र	हुकर	बटर्जी	रोजी
1 पश्चिम हिमालय	2 पश्चिम हिमालय	8 पश्चिम हिमालय	11 उत्तर पश्चिम हिमालय, भारतीय मरुस्थल
2 भारतीय मरुस्थल	3 सिंध का मैदान	3 सिंध का मैदान	13 सिंध 14 राजवाड़ा 15 पंजाब 12 गुजरात
3 मलाबार	5 मलाबार	2 मलाबार	1 मलाबार (सका सहित) 2 कोंकण 3 कर्नाटक 4 मैसूर 5 दक्षिण पठार 6 चानदेश 7 बघर 8 उड़ीसा 11 मालवा
4 सीलोन (श्रीलंका)	7 सीलोन और मासडीप		16 ऊपरी गंगा का मैदान 10 बुंदेलखंड 9 बिहार 17 बंगाल 20 पूर्वी हिमालय 21 उत्तर-पूर्वी भारत 19 मध्य हिमालय
5 कोरैमंडल	6 दक्षिण पठार	1 दक्षिण	
6 गंगा का मैदान	4 गंगा का मैदान	4 गंगा का मैदान	
7 पूर्वी हिमालय	1 पूर्वी हिमालय	6 पूर्वी हिमालय	
8 बर्मा	8 बर्मा	7 मध्य हिमालय	
9 आवा		5 आसाम	
10 वेगू		9 ऊपरी बर्मा	
11 मलाया प्रायद्वीप	9 मलाया प्रायद्वीप	10 निचला बर्मा	

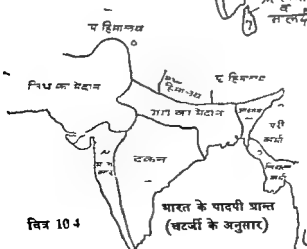
चित्र 10.2



चित्र 10.3



चित्र 10.4





चित्र 10.5 : भारत के पादपी प्रान्त (रोजी के अनुसार)



चित्र 10.6 : भारत के वानस्पतिक प्रदेश

औसत वार्षिक वर्षा 100 से 200 से० मी० तक होती है। इसकी मात्रा पश्चिमी की ओर अपेक्षाकृत कम होती जाती है। ऊँचाई के अनुसार यहाँ पर तीन प्रकार के अनुक्षेत्र पाये जाते हैं।

- (क) **अधो पर्वतीय अनुक्षेत्र (Sub-montane zone)** : यह 300 से 1500 मीटर की ऊँचाई तक फैला, तराई और शिवालिक पर्वत श्रृंखलाओं से युक्त हिमालय क्षेत्र है। यहाँ की जलवायु उष्ण तथा उपोष्ण वनों के उपयुक्त है। यहाँ प्रमुखतः आर्द्र तथा नम स्थानों पर यूजीनिया जैम्बोलेना, शोरिया रोबस्टा, डैल्बर्जिया सीसा (शिग्रम) आदि, अपेक्षाकृत नम स्थानों पर ब्युटिया मोनोस्पर्मा, अकेशिया कटेचू, फाइकस ग्लोमेरेटा आदि तथा अधिक शुष्क स्थानों पर जिजिफस, कैरिसा (करौंदा), अकेशिया, मैलोटेस के वृक्ष तथा गूदेदार यूफोर्बिया पहाड़ी इलानो पर उगते हैं। 1000 मीटर से ऊपर चीड़ के वृक्ष पाये जाते हैं। इसके असावा एनोबाइसस, डेन्ड्रोकेलेमस, सालमेलिया मेलेबेरिका, टर्मिनेलिया, स्टीरियोस्पर्मम, एडिना इत्यादि के वृक्ष भी पाये जाते हैं।
- (ख) **शीतोष्ण अनुक्षेत्र (Temperate zone)** : 1500 से 3500 मीटर की ऊँचाई तक फैले इस क्षेत्र में पर्वतीय शीतोष्ण वन पाये जाते हैं। जिनमें मुख्य रूप से पाइनस एक्सेलेसा, पाइ० जिरारडियाना (चिलगोजा), पाइ० रोकसबर्फी, क्वेरकस इनकाना, क्वे० डाइलाटेटा, क्वे० सेमीकार्पीफोलिया, सीड्रस देवदार (देवदार), एबीस पेन्ड्रो, पिसिया मोरिंडा, कप्रेसस टाऊलोसा, टेक्सस बकेटा आदि हैं।
- (ग) **अल्पाइन अनुक्षेत्र (Alpine zone)** : 3500 मीटर की ऊँचाई से ऊपर हिम रेखा (5000 मीटर) तक के क्षेत्र में छोटे-छोटे वृक्ष तथा झाड़ियाँ पाई जाती हैं तथा हिम रेखा (Snow line) के आसपास के क्षेत्र में केवल शाकीय पौधे पाये जाते हैं। इस अनुक्षेत्र की जलवायु को अल्पाइन जलवायु कहा जाता है। 3500 मीटर से ऊपर की ऊँचाई में वृक्ष नहीं पाये जाते। अतः इसे वृक्ष रेखा (Timber line) कहते हैं (चित्र 10 T)। 4000 से 5000 मीटर के क्षेत्र में घास के मैदान मिलते हैं। इनमें मुख्य रूप से रोडोडेन्ड्रान केम्पेनुलेटम, बटूला मुटिलिस और जूनिपेरस के छोटे वृक्ष तथा प्रिमूला, पोलीगोनम, सैक्सीफ्रागा, ऐस्ट्रगेलस, जिरैनियम आदि के शाकीय पौधे पाये जाते हैं।
2. **पूर्वी हिमालय (Eastern Himalayas)** : यह पादपी प्रान्त पश्चिमी हिमालय के पूर्वीक्षेत्र से लेकर पूर्वांचल में अरुणाचल प्रदेश तक फैला हुआ है। उत्तर में तिब्बत तथा दक्षिण में बंगाल तक विस्तृत इस क्षेत्र में पश्चिमी हिमालय की तुलना में अधिक वर्षा तथा तापमान होता है। बर्फ भी बहुत गिरती है। यहाँ पर हिम रेखा 5500 मीटर की ऊँचाई पर होती है। ऊँचाई के आधार पर इसे भी तीन अनुक्षेत्रों में बाटा जाता है।

- (क) **उष्ण अधो पर्वतीय अनुक्षेत्र (Tropical sub montane zone)** : लगभग 1800 मीटर तक की ऊँचाई के इस गर्म और आर्द्र भू भाग में उष्ण अर्ध सदाबहार (Tropical semi evergreen) तथा नम पर्णपाती (Moist deciduous) वन पाये जाते हैं। इनमें मुख्य रूप से एलबीजिया प्रोसेरा, शोरिया रोबस्टा, एन्गोसिफैलस

कदवा (कदम), लैंगरस्ट्रीमिया पार्वीप्लोरा, सिड्रेला दूना, आर्टोकार्पस चपलाशा, बाहीनिया, स्टोरियोसर्मम आदि के अलावा बॉस की प्रमुख प्रजाति डेन्ड्रोकेलेसम के पादप पाये जाते हैं।

- (ख) **शीतोष्ण अनुशेत्र (Temperate zone)** : पूर्वी हिमालय के इस 1800 मीटर से 3800 मीटर की ऊँचाई तक विस्तारित क्षेत्र में शीतोष्ण पर्वतीय वन पाये जाते हैं। इन वनों में कम ऊँचाई वाले क्षेत्र में क्वेरकस (ओक), माइकोसिया, सिमप्लोकोस, केस्टेनोपासिस, पाइरस, सिड्रेला, यूजीनिया आदि तथा अधिक ऊँचाई वाले ठण्डे प्रदेशों में अनेक शकुधारी वृक्षों की जातियाँ जैसे जूनिपेरस, क्रिप्टोमेरिया, एबीस, सुगा और पिसिया तथा बॉस की प्रजाति एचडेनेरिया आदि की विभिन्न जातियाँ पाई जाती हैं। और अधिक ऊँचाई पर रोडोडेन्ड्रान पाया जाता है।

- (ग) **अल्पाइन अनुशेत्र (Alpine zone)** : पूर्वी हिमालय के 3800 मीटर की ऊँचाई से हिम रेखा (Snow line) तक प्रायः जूनिपेरस तथा रोडोडेन्ड्रान की झाड़ियाँ, ओर अधिक ऊँचाई पर शाकीय पादप तथा घास के मैदान हैं। पूर्वी हिमालय क्षेत्र को प्रायः भारतीय, जापानी तथा चीनी प्रकार की वनस्पतियों का संगम स्थल माना जाता है।

- 3 **सिन्ध का मैदान (Indus plains)** : इस पादप भौगोलिक क्षेत्र में पश्चिमी पंजाब, हरियाणा के मैदानी भाग, पश्चिमी राजस्थान, उत्तरी गुजरात तथा कच्छ की खाड़ी सम्मिलित हैं। पाकिस्तान में यह क्षेत्र सिन्ध और पंजाब तक फैला है। इस अनुशेत्र में तापक्रम की अधिकता तथा वर्षा की कमी (70 से० मी०) के कारण यहाँ उष्ण कटीले वन पाये जाते हैं। उत्तरी पंजाब तथा दक्षिणी राजस्थान के अरावली की घाटियों वाले नम क्षेत्र में यह वन कुछ सघन होते हैं। इसमें उपोष्ण प्रदेश (Sub tropical) के वन भी मिल जाते हैं। पश्चिमी राजस्थान के महस्यलीय क्षेत्र में केवल 10-15 से० मी० तक ही वर्षा होती है। ऐसे प्रमाण मिले हैं कि 2000 वर्ष पूर्व इस क्षेत्र में सघन वन थे। यहाँ नदी भी प्रवाहित होती थी परन्तु जलवायवीय तथा मानवीय कारणों से यह क्षेत्र शनैः शनैः शुष्क एवं महस्यलीय हो चला है। यहाँ मुख्य रूप से अकेशिया ओरविका, अके० सेनेगल, अके० स्पुकोफ्लोया, प्रोसोपिस स्पीसीजेरा, प्रोसोपीस जूलीफ्लोरा, सालवेडोरा ओलियाग्रडिस, साल० परसिका, कैपेरिस एफिक्ला, टैमरिक्स डायोका, टैम० अरटिकुलाटा, एनागाइसस पेन्डूला, एलबीजिया, यूफ्रेबिया, ग्रीविया, केलोट्रोपिस, पैनिकस ऐन्टिडोटल, ट्रिबुलस टेरेस्ट्रिस, स्वेडा फ्रूटीकोसा आदि पादप जातियाँ हैं।

4. **गंगा के मैदान (Gangatic plains)** : उत्तर प्रदेश, बिहार, बंगाल तथा उड़ीसा के कुछ भाग तक फैले इस विस्तृत भू भाग की जलवायु में समान्य वर्षा तथा जलोढ़ (Alluvial) भूदा के कारण यह क्षेत्र विभिन्न वनस्पतियों तथा खेती के लिये अत्यन्त उपजाऊ है। यहाँ पूर्वी क्षेत्र में पश्चिमी क्षेत्र की अपेक्षा अधिक वर्षा होती है। इन प्रदेशों में उष्ण नम या शुष्क पर्णपाती वन पाये जाते हैं। पूर्वी प्रदेशों (बंगाल तथा बिहार) में वर्षा की अधिकता के कारण घने जंगल पाये जाते हैं।

जबकि गंगा - ब्रह्मपुत्र के डेल्टा में समुद्र तटीय क्षेत्र जो दलदली तथा लवण सतृप्त है मैन्ग्रोव वनस्पति पाई जाती है। सुन्दरवन क्षेत्र इसी प्रकार का क्षेत्र है। यहाँ मुख्य मैन्ग्रोव वनस्पति रहाजोफ़ेरा म्यूकोनेटा, एकैन्यस इलीसिफ़ेलियम, एवीसीनिया अल्बा, सीरीयाप्स राक्सबर्गी, सोनेरेसिया एपैटेला आदि हैं। उत्तर प्रदेश के मैदानी इलाकों में डैल्बर्जिया सीसो, अकेशिया, शोरिया रोबस्टा, टैमरिक्स आदि के वृक्ष पाये जाते हैं। अपेक्षाकृत शुष्क दक्षिण-पश्चिमी उत्तर प्रदेश में कैपेरिस, अकेशिया, सैकरम इत्यादि के पादप बहुतायत में पाये जाते हैं। पूर्वी उत्तर प्रदेश के विध्याचल पर्वत श्रेणियों में पर्णपाती वन पाये जाते हैं जिनमें मुख्यतः ब्युटिया मोनोस्पर्म (ढाक), डायोस्पाइरोस मिलेनोजाइलोन (तेन्दूफत्ता), टर्मिलिया अर्जुना (अर्जुन), मधुका इडिका (महुआ), कार्डिया मिक्सा (लसीडा), अकेशिया कटेचू (खैर), हुकनेनिया लेन्ज (चिरौजी), एम्बेलिका अफिसिनैलिस (आंवला), स्ट्रूकूलिया यूरेन्स, फाइकस बेन्गालेन्सिस, फाइ० रेसिजियोसा, अजाइरेक्टा इडिका, फ्लेकूरिया रेनचाई इत्यादि पादप जातियाँ हैं। झाड़ीदार पादपों में जिजिफस, राइटिया टिन्कटोरिया, कैरिसा स्पाइनैरम, इग्जोरा, बुडफ्रेओर्डिया आदि मुख्य हैं। घास में हेटेरोपोगोन, एरिस्टिडा, इरेग्रास्टीस, डाइकैन्थियम आदि मुख्य हैं।

5. **मध्य भारत (Central India) :** गंगा के मैदान और दक्षिण के पठार के बीच के इस वानस्पतिक प्रदेश के अन्तर्गत मध्य प्रदेश, उड़ीसा तथा उत्तरी गुजरात के कुछ भाग आते हैं। सामान्य तापमान तथा वर्षा की अधिकता (150 मी० से 200 से० मी०) के कारण यहाँ टेक्टोना ग्राविस (टीक) के सघन पर्णपाती वन पाये जाते हैं। जिनमें ब्युटिया मोनोस्पर्म, मधुका इडिका (महुआ), मेन्गीफेरा इन्डिका (आम), बोखेलिया सिरेटा (सालर), टर्मिलिया टोमेन्टोसा, डायोस्पाइरोस मिलेनोजाइलोन, एनागाइसस लेटीफेलिया, फाइकस ग्लोमेरेटा, फाइलेन्थस लेपरोस्ट्रोनिया आदि के वृक्ष भी बहुतायत में पाये जाते हैं। मध्य भारत के अपेक्षाकृत शुष्क क्षेत्रों में जैविक विक्षोभ (Biotic disturbances) तथा जनसंख्या दबाव (Population pressure) के कारण कटीले वन तथा घास के मैदान पाये जाते हैं जिनमें मुख्यतः कैरिसा, माइनीस, जिजिफस, अकेशिया, ब्युटिया आदि की जातियाँ हैं।

6. **मालाबार या पश्चिमी तट (Malabar or West coast) :** यह वानस्पतिक प्रदेश उत्तर में दक्षिणी गुजरात से लेकर दक्षिण में कन्याकुमारी तक के इस पर्वतीय भू भाग में अत्यन्त वर्षा के कारण - उष्ण नम सदाबहार (Tropical moist ever green), एकदम पश्चिम में अर्ध सदाबहार (Semi ever green), प्रायद्वीप के भीतरी अर्थात् पूर्वी भाग में उपोष्ण या शीतोष्ण पर्वतीय सदाबहार (Sub tropical or Montane temperate evergreen), नीलगिरी की पर्वत श्रृंखलाओं पर तथा बम्बई तथा केरल के तटवर्ती क्षेत्रों में मैन्ग्रोव वन पाये जाते हैं। इस क्षेत्र में पाई जाने वाली प्रमुख वनस्पतियाँ डिप्टेरोकार्पस, सिड्रिला, टेक्टोना, स्ट्रूकूलिया, डैल्बर्जिया, माइकेलिया, डेन्ड्रोकेलेमस, बेम्बूसा आदि हैं।

7. **दक्षिण पठार (Deccan Plateau) :** यह वानस्पतिक प्रदेश मध्य भारत के दक्षिण में तथा मालाबार के पूर्व में स्थित भारतीय प्रायद्वीप का विस्तृत सूखा एवं पथरीला भू भाग है। यहाँ लगभग 100 से० मी० वर्षा होती है। यहाँ के उष्ण शुष्क पर्णपाती वन तथा कटीले वनों की टेक्टोना ग्राडिस (टीक) प्रधान वनस्पति है। इसके अतिरिक्त बोम्बेलेया सिरेटा, हाईबिकिन्या बाइनेटा, सिट्रेला टूना, सायमिडो फेब्रीफूगा, यूफोर्बिया निरीफेलिया, कैपेरिस, फाइलैन्थस, ग्रीवीया, फिनिक्स इत्यादि जातियाँ भी मुख्यतः पाई जाती हैं।
8. **आसाम (Assam) :** इस पर्वतीय क्षेत्र में तापमान तथा आर्द्रता की अधिकता के साथ-साथ सर्वाधिक वर्षा वाला क्षेत्र (चैपपूजी 1000 से० मी० से अधिक) होने से यहाँ उष्ण सदाबहार या उपोष्ण नम पर्वतीय वन पाये जाते हैं। इसके अतिरिक्त शकुधारी पादपों के वन पाये जाते हैं। इस वनों में प्रमुख रूप से डिटेरोकार्पस, माइकेलिया, स्टर्कुलिया, लैंगस्ट्रोमिया डेन्ड्रोकेलेमस, केलेमस, एक्सटोनिया, शोरिया इत्यादि जातियों के अतिरिक्त, थिमिडा, फ्रेगमाइटिस आदि घास तथा बीटभक्षी में नेपेन्थस भी पाये जाते हैं। इन वनों में वर्षा, तापमान तथा आर्द्रता की अधिकता के कारण फर्न तथा अधिपादप (Epiphytes) की भी संख्या बहुत अधिक है।
इसके अतिरिक्त अण्डमान द्वीप समूह के तटवर्ती क्षेत्रों में मैन्ग्रोव वनस्पति की बहुलता है। द्वीप समूह के अन्दर वर्षा के अधिक्य के कारण सदाबहार वन पाये जाते हैं। यहाँ मुख्य रूप से डिटेरोकार्पस, राहजोफोरा, लैंगस्ट्रोमिया और टर्मिनलिया की जातियाँ पाई जाती हैं।

अध्याय : 11

पादप वितरण

(Plant Distribution)

पुष्पधारी पादपों की उत्पत्ति, वितरण तथा असांतत्व वितरण की व्याख्या

पौधों के वर्तमान वितरण को समझने के लिये पौधों के विकास का सक्षिप्त इतिहास जान लेना विषय को समझने में सहायक सिद्ध होगा। जैविक विकास के इतिहास का कालानुक्रम (Chronology) बहुत पुराना है। पौधों के विभिन्न वर्गों की पृथ्वी पर मित्र मित्र युगों में प्रधानता रही है। हम यहाँ पर पुष्पधारी पादपों के भौगोलिक वितरण की सक्षिप्त विवेचना करेंगे। वस्तुतः वर्तमान में अन्य वर्गों के पादपों की संख्या पुष्पधारी पादपों की तुलना में बहुत कम है। इस काल खण्ड में पुष्पधारी पौधे वितरण क्षेत्र में अन्य वर्गों के पादपों पर प्रभावी हैं। भूविज्ञान के अनुसार पृथ्वी के इतिहास को कुछ महाकल्पों, (Eras), कल्पों (Periods) और युगों (Epochs) में उपविभाजित किया गया है। जिसे भूवैज्ञानिक समय मापक्रम (Geological Time Scale) कहल जाता है। जीवाश्मों के अध्ययन के आधार पर अनुमान है कि पुष्पधारी पौधों की उत्पत्ति मीसोजोइक महाकल्प के क्रीटेशियस कल्प से लगभग दस से पन्द्रह करोड़ वर्ष पूर्व हुई होगी। नीचे दी गई तालिका में सक्षिप्त भूवैज्ञानिक समय मापक्रम दर्शाया गया है।

महाकल्प	कल्प	युग	समय वर्ष आज से पूर्व	
	क्वाटरनरी	होलोसीन (आधुनिक) प्लायस्टोसीन (हिमकाल)	10-15 हजार ± 10 लाख	
सीनोजोइक		प्लायोसीन		एलियोसर्ग का युग
या		मायोसीन		
टर्शियरी		ओलीगोसीन		
	टर्शियरी	इओसीन		
		पेलियोसीन	± 700 लाख	
		उत्तर		
	क्रीटेशियस	मध्य		
		निम्न	± 1350 लाख	
मीसोजोइक		उत्तर		
या	जुरेसिक	मध्य		जुरेसिक का युग
सैकन्री		निम्न	± 1800 लाख	
		उत्तर		
	ट्रापेसिक	मध्य		
		निम्न	± 2300 लाख	

परमियन		± 2800 लाख	टैरिडोफाइट का युग
कार्बोनिफेरस	पेन्सिलवेनियन	± 3450 लाख	
	मेस्सीसीपियन		
पेलियोजोइक	डीवोनियन	± 4050 लाख	
या	साइल्यूरियन	± 4250 लाख	
प्राइमरी	और्डोविसियन	± 5000 लाख	टैरिडोफाइट का युग
	कैम्ब्रियन	± 6000 लाख	
प्रोटैरोजोइक			
एवम्	प्री कैम्ब्रियन	± 740000 लाख	
आर्कियोजोइक			

पुरा जलवायु और आवृतबीजी पादपों की उत्पत्ति

यह विश्वास किया जाता है कि विकास की वर्तमान अवस्था की प्रगति के लिए लगभग 45 खरब वर्ष का समय उपलब्ध होना चाहिये। पृथ्वी के इतिहास में प्रत्येक महाकल्प का आरम्भ एक क्रांति (Revolution) अथवा प्रलय (Cataclysm) से और उसका अन्त एक इसी प्रकार की अन्य क्रांति से हुआ होगा। इन क्रांतियों के कारण तीव्र भूवैज्ञानिक विक्षोभ (Geological Disturbances) रहे होंगे, जिसके कारण प्रत्येक क्रांति में अधिकतर जीव नष्ट हो गये होंगे और केवल कुछ ही शेष बचे जीवों से नये जीव विकसित (Evolve) हुए होंगे। "प्रथम बृहत् क्रांति" (First Great Revolution) आर्कियोजोइक तथा प्रोटैरोजोइक के मध्य हुई मानी जाती है, इसी प्रकार "द्वितीय बृहत् क्रांति" (Second Great Revolution) प्रोटैरोजोइक व पेलियोजोइक के बीच, "एप्पलेशियन क्रांति" (Appalachian Revolution) पेलियोजोइक व मीसोजोइक के मध्य तथा अन्त में "रॉकी पर्वत क्रांति" (Rocky Mountain Revolution) मीसोजोइक तथा सीनोजोइक के बीच हुई मानी जाती है जिसके अन्तर्गत रॉकीज (Rockies), हिमालय (Himalayas), एल्प्स (Alps), तथा एन्डीज (Andies) जैसे पर्वतों का उद्भव हुआ था।

जीवाश्मों के अध्ययन से पुष्पधारी पौधों के विकास और उत्पत्ति की समस्या का समाधान होता है। पुष्पधारी पौधों में सम्मिलित किये जाने योग्य जीवाश्म निम्न क्रिटेशियस कल्प से पहले नहीं मिलते और इसके कुछ लाख वर्षों में ही पृथ्वी पर इनके प्रधान वनस्पतियों के रूप में विकसित हो जाने के प्रमाण प्रचुरता में मिलते हैं। विकास के आधारभूत सिद्धान्त को स्वीकार कर लेने के बाद यह सहज ही विश्वास नहीं किया जा सकता कि पुष्पधारी पादप लगभग अचानक ही तेजी से विकसित हो गये होंगे और बाद के लाखों वर्षों में इनमें विकास की गति अत्यन्त धीमी रही। विभिन्न पादप विदों के अनुसार (एडरवर्ड्स 1955, कामेल 1956, गुड 1964) निश्चय ही पुष्पधारी पादपों का विकास जुरैसिक कल्प में प्रारम्भ हो चुका था। किन्हीं विशेष भूवैज्ञानिक विक्षोभों के कारण इनकी विकास की प्रारम्भिक अवस्थाओं के जीवाश्म उपलब्ध नहीं हैं। क्रिटेशियस और टरशियरी

कल्पों के सभी जीवाश्म किसी न किसी आधुनिक जाति या प्रजाति में सम्मिलित किए जा सकते हैं। जीवाश्मों के अतिरिक्त पिछले कुछ हजार वर्षों पूर्व के पौधों का ज्ञान परागकणों के अध्ययनों से भी होता है।

ट्रायेसिक व जुरेसिक कल्पों के अन्तर्गत अधिकांश महाद्वीपीय क्षेत्र जलशायों से ऊपर थे परन्तु क्रिटेशियस कल्प में पुनः भूमि का पर्याप्त भाग पानी से ढक गया था। मीसोजोइक महाकल्प का अन्त रॉकी पर्वत क्रांति के साथ हुआ था। आवृतबीजी पौधों के अधिकांश जीवाश्म हमें उत्तरी अमेरिका और यूरोप से प्राप्त हुए हैं। इसका सम्भावित प्रमुख कारण यही है कि उत्तरी गोलार्ध में घस भाग अधिक है तथा इन्हीं प्रदेशों में वैज्ञानिक अध्ययन भी अधिक हुए हैं। किसी स्थान पर पाये जाने वाले जीवाश्मों की उपस्थिति का यह आशय नहीं होता कि ये पौधे उस कालखण्ड में वही उगते होंगे। समुद्रों के किनारे पाये वाले पौधों के समुद्री घासजों द्वारा सुदूर स्थानों तक पहुँचने की सम्भावना तो रही ही होगी। जीवाश्मों से प्राप्त प्रमाणों के आधार पर क्रिटेशियस और टरशियरी कल्पों में जलवायु उष्ण या गर्म शीतोष्ण रही होगी और उस समय पुष्पधारी पौधों का तेजी से विकास हुआ। टरशियरी कल्प के उत्तरार्ध में तापमान कम होना शुरू हो गया और इस कल्प के अन्त तक तापमान शून्य तक पहुँच चुका था। क्वाटरनरी के प्लास्टोसीन युग में पृथ्वी के उत्तरी भागों में हिम क्षेत्र दूर दूर तक फैले थे। इसलिए इसे हिम काल (Ice Age) भी कहा जाता है (चित्र 11.1)। तापमान में वृद्धि का यह क्रम पिछले कुछ हजार वर्षों में ही शुरू हुआ है।



चित्र 11.1 प्लास्टोसीन युग में पृथ्वी के हिमाच्छादित क्षेत्र (काला भूभाग)

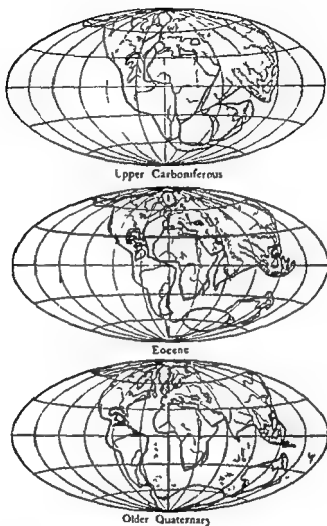
क्रिटेशियस कल्प के पौधों के जीवाश्म, ग्रीनलैंड, उत्तरी अमेरिका और यूरोप में अधिकता में पाये जाते हैं जो कि उष्ण कटिबन्धों में पायी जाने वाली प्रजातियों के समान हैं। टरशियरी कल्प के प्रारम्भ में पेलियोसीन और इयोसीन युगों में पुष्पधारी पौधों का अत्यधिक विस्तार हो चुका था। इन जीवाश्मों की प्राप्ति और अध्ययन के उपरान्त वहाँ की जलवायु के गर्म शीतोष्ण होने का अनुमान लगाया जाता है। इसी आधार पर ग्रीनलैंड की जलवायु भी इयोसीन काल में शीतोष्ण रही होगी। इंगलैंड में इस काल में पाये जाने वाले जीवाश्मों के अध्ययन के आधार पर कहा जा सकता है कि इन्डो-मलाया प्रदेश के पादपों से समानता के कारण इओसीन काल में इंगलैंड की जलवायु वर्षा बहुल उष्ण वनों के अनुकूल रही होगी। ओलिगोसीन काल में भी जलवायु के उष्ण-शीतोष्ण ही बने रहने के प्रमाण मिलते हैं। अन्य अध्ययनों के अनुसार मायोसीन काल की जलवायु मिश्रित पर्णपाती वनों के उपयुक्त थी। इससे अनुमान लगाया जाता है कि मायोसीन में तापमान कम होने लगा था और जलवायु शीतोष्ण या ठण्डी शीतोष्ण हो गई थी। इसके अतिरिक्त मायोसीन काल में ही पृथ्वी में भी भूवैज्ञानिक विक्षोभ हुए, प्वालामुखी सक्रिय हुए और अनेक ऊँची पर्वत श्रृंखलाओं का उद्भव हुआ। प्लायोसीन काल के जीवाश्मों के अध्ययन से यह अनुमान लगाया गया है कि उस काल में जलवायु में तेजी से परिवर्तन हुए और दीर्घकाल से चली आ रही वनस्पति भी इस जलवायु परिवर्तन से अप्रभावित नहीं रही। टरशियरी कल्प में बने उत्तरी अमेरिका के रॉकी पर्वत, ओलिगोसीन में अपरदित (Eroded) हो गये थे, परन्तु मायोसीन में यह पुनः ऊपर उठ गये थे। क्वाटरनरी कल्प को प्रायः "मनुष्य का समय" (The Time Of Man) कहा जाता है। अनुमान है कि क्रिटेशियस से टरशियरी कल्पों के अन्त तक पुष्पधारी पादपों की प्रजातियों और जातियों की संख्या में क्रमशः वृद्धि हुई और शनैः शनैः वे पृथ्वी के वनस्पति समुदाय में प्रधान हो गये। परन्तु इस काल में जलवायु के प्रभाव के अन्तर्गत आकारिकी विभेदन नगण्य ही रहा। प्लायोसीन काल के अन्त तक जलवायु में त्वरित परिवर्तन होने से बदलते पर्यावरण से सामंजस्य स्थापित कर सकने वाली वनस्पति का भी तेजी से विकास हुआ। स्काट्सबर्ग (1940) के मतानुसार टरशियरी कल्प में दक्षिणी गोलार्ध की जलवायु भी गर्म शीतोष्ण रही होगी। भूवैज्ञानिक समय मापक्रम के अध्ययन के अनुसार क्वाटरनरी कल्प के प्रारम्भिक युग प्लास्टोसीन में हिमनदन (Glaciation) के चार काल पाए जाते हैं। इसे हिमकाल (Ice Age) भी कहा जाता है क्योंकि उस काल में पृथ्वी के अधिकांश बड़े भूभाग बर्फ से ढके हुए थे। इस काल में जलवायु अत्यन्त ठंडी रही और ध्रुवों के आसपास के क्षेत्र हिमाच्छादित रहे। लगभग सभी पर्वत श्रृंखलाएँ हिमनदों से ढकी थी इस कारण पादप विकास में भी बाधा पहुँची। बाद के कालखण्ड में इस बर्फ के हटने से यह भूमि क्षेत्र पुनः अनाच्छादित (Uncovered) हो गये थे। समुद्र में भी भारी कमी हुई जिससे समुद्रों का तल लगभग 100 मीटर नीचे चला गया था और भूमि के विभिन्न क्षेत्र जलाशयों से जुड़ गये थे। इस काल में वातावरण इतनी तेजी से बदलता रहा कि पुष्पधारी (Angiosperms) पादपों के विकास की गति का इससे सामंजस्य बनाए रखना लगभग असंभव हो गया। इससे उस समय की परिस्थिति का यह आकलन करना कि तापमान लगातार हिमांक से सैकड़ों °C नीचे रहा होगा सही नहीं है। पैक तथा बुकनर (1901-1909) के अध्ययनों

से ज्ञात होता है कि यूरोप में कम से कम चार बार तापमान बढ़ा और लगभग आज के तापमान के समकक्ष जा पहुँचा था। इस समयान्तराल को अन्तरहिमानी काल (Inter glacial Period) कहा जाता है। विश्वास किया जाता है कि पिछला हिमानी काल (Glacial Period) आज से लगभग दस हजार वर्ष पूर्व तक था। उपरोक्त विषय के विवेचन से स्पष्ट होता है कि क्रिटेशियस कल्प के प्रारम्भ में ही पुष्पधारी पौधे आज की पृथ्वी के उत्तरी-ध्रुवीय प्रदेशों में अपना आधिपत्य जमा चुके थे तथा क्वाटरनरी कल्प में जलवायु परिवर्तन के साथ-साथ वर्तमान स्वरूप को प्राप्त हुए और अब भी परिवर्तन के क्रम में हैं।

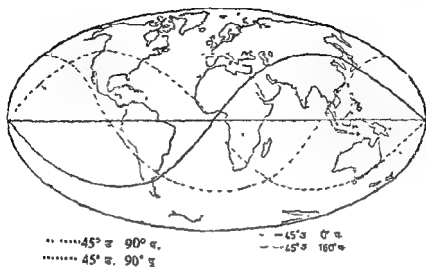
वैसे पुष्पधारी पादपों की उत्पत्ति के सम्बन्ध में निश्चित रूप से कुछ भी कहना असम्भव है परन्तु प्राप्त वैज्ञानिक साक्ष्यों के आधार पर विश्वास किया जाता है कि उनकी उत्पत्ति मीसोजोइक महाकल्प में क्रिटेशियस कल्प के समकक्ष मानी गई है। इन अध्ययनों से पूर्वकाल के प्रवासों का अनुमान लगा कर वर्तमान वितरण की व्याख्या में सहायता ली जाती है। वैज्ञानिक काफी लम्बे अर्से से पृथ्वी के जल-थल प्रदेशों में परिवर्तन का सदेह व्यक्त करते रहे हैं। हुकर (1861) के मतानुसार पादप वितरण को जल और स्थल की सापेक्ष स्थिति तथा ऊँचाई एवम् जलवायु में परिवर्तनों ने अत्यधिक प्रभावित किया है। भू-आकृतिक तथा भौमिकीय अध्ययनों से ज्ञात होता है कि वर्तमान में अनेक स्थलीय प्रदेश अतीत में कभी जल निम्न रहे होंगे। इसी तरह यह भी विदित होता है कि सभी पर्वत श्रृंखलाएँ पृथ्वी के जन्म से ही नहीं रही होंगी। भू-आन्तरिक परिवर्तनों के परिणामस्वरूप इनका उद्भव हुआ होगा। पृथ्वी की आकृति में हुए परिवर्तनों के बारे में अनेक अवधारणाएँ व परिकल्पनाएँ समय-समय पर प्रस्तुत की गई हैं परन्तु इनमें सर्वाधिक मान्य परिकल्पना वैगनर (1912, 1924) ने "महाद्वीपीय विस्थापन का सिद्धान्त" (Theory of Continental Drift) के रूप में प्रतिपादित की जिसकी पुष्टि कालान्तर में अनेक अध्ययनों से प्रमाणित हो चुकी है।

महाद्वीपीय विस्थापन का सिद्धान्त :-

वैगनर (1924) के मूल सिद्धान्त के अनुसार पेलियोजोइक महाकल्प के प्रारम्भ में सभी महाद्वीप एक विशाल स्थल खण्ड से जुड़े थे जिसे पेंगिया (Pangaea) कहा गया। कालान्तर में ये सभी महाद्वीप अलग-अलग विखण्डित हो कर विस्थापन द्वारा वर्तमान स्थिति को प्राप्त हुए (चित्र 11.2)। एक लम्बे अन्तराल तक ये महाद्वीप पृथ्वी पर अनियमित रूप से भटकते रहे, इसलिए इस सिद्धान्त को "भटकते महाद्वीपों" का सिद्धान्त भी कहा जाता है। वैगनर ने इस सिद्धान्त के पक्ष में प्रमाण प्रस्तुत करते हुए भारत, दक्षिण अफ्रीका और आस्ट्रेलिया में परमियन कल्प के हिमानीकाल की चर्चा करते हुए बताया कि समय-समय पर विषुवत रेखा और ध्रुवों की सापेक्ष स्थिति बदलती रही है। जिससे आज के ध्रुव प्रदेशों में अतीत में उष्ण जलवायु की उपस्थिति मानी गई (चित्र 11.3)। दक्षिण अफ्रीकी भू-वैज्ञानिक डू टैडट (1937) ने वैगनर की अवधारणा को कुछ सशोधनों के साथ प्रस्तुत किया। डू टैडट के अनुसार पृथ्वी में आरम्भ से ही दो विशाल भू-खण्ड थे उत्तरी भू-खण्ड को लारेसिया (Laurasia) तथा दक्षिणी भू-खण्ड को गौण्डवाना

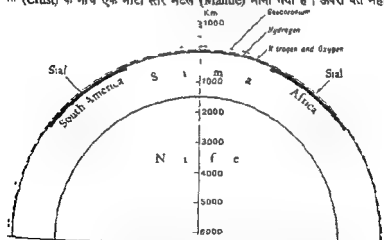


चित्र 11.2 - भूवैज्ञानिक इतिहास के विभिन्न कल्पों में विश्व के मानचित्र की स्थिति (वेगनर के महाद्वीपीय विस्थापन सिद्धान्त पर आधारित)



चित्र 11.3 : विपुलत रेखा और ध्रुवों की चार काल्पनिक स्थितियाँ

लैण्ड (Gondwana Land) कहा गया। भारत, आस्ट्रेलिया, दक्षिण अमेरिका, दक्षिण अफ्रीका और अंटार्कटिका के बीच जीवाश्मिक तथा भौतिकीय समानताओं के आधार पर उनके जुड़े हुए होने की परिकल्पना वैज्ञानिक इससे पूर्व ही कर चुके थे। पृथ्वी की तरपना का भौतिकीय अध्ययन महाद्वीपीय विस्थापन के सिद्धान्त को स्पष्ट करने में अधिक सहायक सिद्ध हुआ है। पृथ्वी की तुलना अर्ध उबले अण्डे से की है। इसमें ऊपरी लगभग कड़ी पर्त (Crust) के नीचे एक मोटा स्तर मेटल (Mantle) माना गया है। ऊपरी पर्त महाद्वीपीय



चित्र 11.4 : गोलार्ध के काट का चित्रांकन। सियाल और सीमा की स्थिति को दर्शाता (बेगमर 1922 से पुनर्चित्रित)

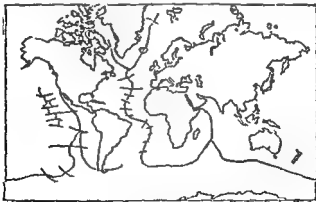
के नीचे 30 से 70 कि० मी० तक मोटी और समुद्र के नीचे लगभग 57 कि० मी० मोटी है। इसमें सिलिका और एल्यूमिनियम की अधिकता से इसे सियाल (sial) कहा गया है। मेटल गर्म और लोचदार पदार्थ है। जिसमें सिलिका और मैग्नीशियम की अधिकता है। इसे सीमा (Sima) कहा गया है। मेटल के नीचे, पृथ्वी का कोर (Core) या नाइफ (Nife) निकल और लौहे का बना है जो अत्यधिक गर्म और द्रव के समान है। सीमा (मेटल) की ऊपरी पर्त (कड़ी पर्त सियाल के नीचे) जो 1000 से 2000 कि० मी० मोटी हो सकती है अर्धद्रवीय एस्थेनोस्फियर (Asthenosphere) कही गई है (चित्र 114)। इस एस्थेनोस्फियर पर ही महाद्वीपों के तैरते रहने की परिकल्पना की गई है और तैरते रहने के कारण ही महाद्वीपों का विस्थापन संभव माना गया है।

अनेक प्रमाणों के आधार पर गोंडवाना प्रदेश की सत्यता में अब कोई सन्देह नहीं रह जाता। अब लगभग सभी वैज्ञानिक किसी न किसी रूप में दक्षिण अफ्रीका, दक्षिण अमेरिका, भारत, अरेबिया, आस्ट्रेलिया व मेडागास्कर का दक्षिण ध्रुव प्रदेशों से निकट संबंध को स्वीकार करते हैं। पूर्वकाल कैम्ब्रियन से चले आये अवसादी (Sedimentary) निक्षेप और भू अभिनतियां आस्ट्रेलिया और दक्षिण ध्रुव प्रदेशों के जुड़े होने के स्पष्ट प्रमाण हैं। (चित्र 115) इस प्रकार परमियन युग में जुड़े हुए गोंडवाना लैण्ड का पेलियोजोइक महा कल्प के अन्त और मीसोजोइक



चित्र 115 मीसोजोइक महाकल्प में गोंडवाना प्रदेश का चित्र।
वर्तमान भूखण्डों के तटों का साम्य ध्यान देने योग्य है।

महाकल्प के प्रारम्भ में विखण्डन शुरू हो चुका था। जुरेसिक कल्प में अफ्रीका और अमेरिका जुड़े थे तथा अनुमान है कि आस्ट्रेलिया, भारत और दक्षिण ध्रुव पृथक खण्ड के रूप में विद्यमान थे। विश्वास किया जाता है कि क्रिटेशियस कल्प के साथ ही ये महाद्वीप अलग होना प्रारम्भ हो गये थे। इसी प्रकार लारेशिया के विखण्डन के परिणामतः वर्तमान उत्तरी अमेरिका, ग्रीनलैण्ड व यूरेशिया (यूरोप और एशिया) का निर्माण हुआ। शनैः शनैः इसी प्रकार विस्थापित होकर महाद्वीप वर्तमान अवस्था को प्राप्त हुए। भारतीय उपमहाद्वीप के उत्तर की ओर विस्थापित होकर, टेथिस समुद्र के ऊपर लारेशिया से टकराने के कारण सम्भवतः हिमालय की पर्वत श्रृंखलाओं की उत्पत्ति मानी गई है। इस तरह उत्तर में हिमालय की पर्वत श्रृंखलाओं का तथा दक्षिण में भारतीय प्रायद्वीप (Indian peninsula) का निर्माण हुआ। टेथिस समुद्र के इस भाग की सकरी लम्बी पट्टी नवनिर्मित हिमालय पर्वत श्रृंखलाओं में मृदा अपरदन (Soil erosion) की क्रिया से उत्पन्न मिट्टी से भरती रही और इस प्रकार से भारतीय-नगा के मैदान (Indo-gangetic plain) की रचना हुई। महाद्वीपीय विस्थापन के सिद्धान्त की पुष्टि कालान्तर में हुए अनेक अध्ययनों से प्रमाणित हो चुकी है। इन प्रमाणों में पुरा चुम्बकत्व (Paleomagnetism) के अध्ययनों से प्राप्त प्रमाण सर्वाधिक महत्वपूर्ण हैं। इसके अलावा समुद्र में पाई गई पर्वत श्रृंखलाएँ और उनमें पड़ी दरारे महाद्वीपीय विस्थापन को स्पष्ट परिलक्षित करती हैं (चित्र 11.6)। अफ्रीका और भारतीय गोंडवाना प्रदेश की जीवाश्म वनस्पतियों में समानता, महाद्वीपों के तटों में समानता जैसे अफ्रीका का पश्चिमी तट के शैलों और अवसादी निक्षेपों में समानता, ज्वालामुखीय भूमिकी में समानता, समुद्र तल का अपेक्षाकृत कम आयु का होना, महाद्वीपों के पाये जाने वाले विवर्तनिक आकारों में समानता तथा पुराजैविक प्रमाण आदि उपयुक्त अवधारणा की पुष्टि करते हैं। आधुनिक भूमिकी



चित्र 11.6 समुद्र तल की पर्वत श्रृंखलाएँ और उनमें पड़ी दरारे (आड़ी रेखा)

अध्ययनों से पृथ्वी की संरचना का ज्ञान महाद्वीपीय विस्थापन को और अधिक स्पष्ट इंगित करता है। अब भी वैज्ञानिक पृथ्वी के भूभाग का बहुत धीरे-धीरे विस्थापन मान रहे हैं। जिससे हिमालय अपनी ऊँचाई में लगातार बहुत ही धीमी गति से बढ़ रहा है।

पल-सेतु सिद्धान्त :- इस परिकल्पना के अनुसार सभी वर्तमान महाद्वीप पृथ्वी के आरम्भ से ही इसी स्थिति में विद्यमान रहे हैं। समुद्रों के घटने और बढ़ने तथा भू भाग के घटने और निकलने के साथ ही इन महाद्वीपों की सीमाओं में परिवर्तन हुआ परन्तु किसी प्रकार का महत्वपूर्ण महाद्वीपीय विस्थापन नहीं हुआ। इस अवधारणा के अनुसार सभी महाद्वीप विभिन्न काल में स्याई या अस्याई पल सेतु (land bridge) द्वारा एक दूसरे से सँदृष्ट रहे हैं। हालांकि आजकल इस अवधारणा में विश्वास नहीं किया जाता है।

महाद्वीपों के निर्माण, विस्थापन आदि की प्रक्रिया से संबंधित अनेक मत समय-समय पर प्रतिपादित किये गये हैं। इनमें बर्फ की मोटी पर्तों के बोझ से भूखण्डों के टूटने और पर्वत शृंखलाओं की उत्पत्ति तथा अत्यधिक कम तापमान के कारण गर्म स्तरों के ठण्डे होकर घटकर अलग होने व महाद्वीपों के निर्माण आदि के अतिरिक्त पृथ्वी के आपतन में वृद्धि के कारण बाह्य आवरण के फटने पर महाद्वीपों और समुद्रों की उत्पत्ति की अवधारणा भी रखी गई। वर्तमान में वैज्ञानिक साक्ष्य व प्रमाणों के अभाव में उक्त वर्णित अवधारणाओं का विशेष महत्त्व नहीं है।

व्याख्यात्मक या गतिक पादप भूगोल

(Interpretive or dynamic phytogeography)

गुड (1931) ने असतत और विशेष श्रेणी वितरण को छोड़ कर सतत पादप वितरण की विवेचना के लिये महत्वपूर्ण सिद्धान्त "सहनशीलता का सिद्धान्त" (Theory of tolerance) प्रतिपादित किया था। एगलर (1872-1882), शिमर (1903, 1904) थोडे (1925) और सिलिस बेरी (1926) ने गुड से पहले ही जलवायु और पादप वितरण के अन्तर्सम्बन्धों की व्याख्या की थी। गुड का सिद्धान्त जलवायवीय प्रवासों के सिद्धान्त पर आधारित था। इस सिद्धान्त के अनुसार प्रत्येक जाति जलवायु और मृदा कारकों की निश्चित सीमाओं में ही अपना अस्तित्व बनाये रख सकती है और सकलतत्पुर्वक प्रजनन कर सकती है। ये सीमाएँ ही उस जाति की बाह्य पर्यावरण के प्रति सहनशीलता की सीमा दर्शाती हैं। जाति की सहनशीलता भी अन्य आकारिकीय गुणों के समान विकास के नियमों का पालन करती है। समान सहनशीलता की सीमाओं वाली जातियों का वितरण उनमें परस्पर स्पर्धा द्वारा निश्चित होता है। गुड के सहनशीलता के सिद्धान्त को बाद में केन (1949, 1971), मैसन (1936), मैसन और स्ट्राइड (1954), लैरिस (1951) ने विस्तारित किया। लैरिस (1951) ने सभी पादप भूगोलविदों के विचारों को समाहित करते हुए 13 पादप भूगोलिक सिद्धान्त बनाये जिन्हें चार वर्गों में रखा गया है।

(अ) पादप-पर्यावरण सम्बन्धी सिद्धान्त :-

- 1 पादप वितरण प्राथमिक रूप से जलवायवीय कारकों द्वारा नियंत्रित होता है। अन्य कारक जैसे मृदा या जीव आदि द्वितीयक रूप से कार्य करते हैं तथा इनका प्रभाव जलवायु की अपेक्षा कम व्यापक होता है।
- 2 मृदीय कारकों में, मृदा की संरचना, उत्पत्ति, रसायनिक और भौतिक गुण आदि का वहाँ की पादप वितरण पर जलवायु की तुलना में गौण नियंत्रण होता है।

3. जैविक कारक जैसे रोगजनित पादप की उपस्थिति या अनुपस्थिति, कियामु या अन्य जीव जन्तुओं का सहस्रघ इत्यादि भी पादप वितरण को प्रभावित करते हैं।
4. जलवायु जो अन्य कारकों में सबसे अधिक व्यापक है और पादप जात (Flora) के विकास में मुख्य निर्धारक रहा है। जलवायु पूर्वकाल से वर्तमानकाल सदैव परिवर्तित होता रहा है। अतः वर्तमान पादप वितरण भी अतः भूतकाल के जलवायु से नियंत्रित रही है।
5. अतीत में पृथ्वी पर स्थल एवं समुद्र के सन्बन्ध परिवर्तनशील रहे हैं तथा स्थल क्षेत्रों की आकृति में न्यूनाधिक परिवर्तन हुए हैं। इसलिये आज भिन्न-भिन्न स्थलों की वनस्पति कहीं कहीं मिलती-जुलती है क्योंकि समानता अतीत में स्थल आपस में सम्बद्ध थे।
6. पर्यावरण सकलता (Holocoenotic) के सिद्धान्त पर कथित करता है अर्थात् पर्यावरण के विभिन्न कारक जैसे जलवायु, मृदा, व जैवघटक का प्रभाव सम्मिलित रूप से होता है, पृथक्-पृथक् नहीं और ये कारक आपस में अन्योन्य क्रियारत रहते हैं।

(ब) पादप की अनुक्रिया सम्बन्धी सिद्धान्त

7. पादप के अस्तित्व व सफल प्रजनन सम्बन्धी जीवन क्रियाएँ जलवायवीय (Climatic), मृदाय और जैविक कारकों की सीमाओं से निर्धारित होती हैं। यह सीमाएँ उस कारक के प्रति जाति की क्रिया विशेष की सहनशीलता को प्रदर्शित करती हैं।
8. पादपों की वातावरण के कारकों के प्रति सहनशीलता की सीमाएँ आनुवांशिक गुणों के आधार पर निश्चित होती हैं।
9. पादप की विभिन्न जीवन कृतीय अवस्थाओं में कारकों के प्रति सहनशीलता की सीमाएँ भी भिन्न-भिन्न होती हैं पादप जीवन चक्र की कुछ अवस्थाओं में वातावरण के कुछ कारकों के प्रति सहनशीलता की सीमा अल्पतम संकुचित होती है और यह सर्वांग सीमा ही उस पादप के वितरण को सबसे ज्यादा प्रभावित करती है।

(स) पादप-प्रवासन सम्बन्धी सिद्धान्त

10. अतीत में पादप जात (Flora) का वृहत् स्तर पर प्रवास हुआ है और आज भी सतत रूप से हो रहा है। इसमें भूखण्ड की गति (Movement of land mass), हिमनदीकरण (Glaciation) और मनुष्य के कार्यों द्वारा प्रवास (Through human activities) आदि मुख्य कारक हैं।
11. सफल प्रवास पौधों के प्रकीर्णन अणु जैसे बीज, फल, डायास्पोर आदि द्वारा होता है तत्पश्चात् नये क्षेत्र में इन प्रकीर्णन अणु के आस्थापन पर सम्भ्र होता है।

(द) पादप चिरस्थायीकरण तथा क्रमिक विकास सम्बन्धी सिद्धान्त

- 12 पादपों का सतत अस्तित्व प्रथमतः उसकी जातियों के बराबर प्रवास द्वितीयक उनकी अनुकूलनशीलता और अपनी सन्तति को वांछित अनुकूलन में सहायक गुणों को प्रदान करने की क्षमता पर निर्भर होता है।
- 13 पादप जात (Flora) का विकास पादप प्रवास, जातियों के विकास और जलवायु में होने वाले परिवर्तनों के वर्णालमक प्रभाव पर निर्भर करता है। सभी प्रवासी जातियों में से कुछ ही उपयुक्त होती हैं। जिनका वर्ण प्रकृति अपनी चयनशीलता से करती है।

गुड (1964) ने अपनी पुस्तक में इन सभी पर्यावरणीय कारकों का विस्तार से विवेचन प्रस्तुत किया है।

पादप वितरण के प्रकार

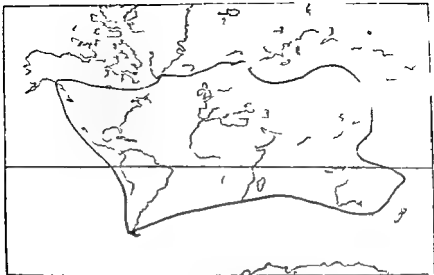
उपरोक्त विवरण से स्पष्ट है कि ससार में सभी पादप या पादप समूहों का वितरण एक समान नहीं है। गुड (1964) ने अपनी पुस्तक “पुष्पधारी पादपों का भूगोल” में प्रमुख कुलों, प्रजातियों और जातियों के वितरण का विशद विश्लेषणात्मक विवेचन किया है। केन (1971) ने इस अध्ययन को क्षेत्र विज्ञान (Arcography) कहा है। अध्ययन की दृष्टि से पादप वितरण को तीन प्रमुख प्रकारों में विभक्त किया जाता है।

- 1 सतत (Continuous)
- 2 असतत (Discontinuous)
- 3 विशेष क्षेत्री (Endemic)

पोलुनिन (1960) के अनुसार असतत वितरण का ही एक प्रकार प्रतिस्थ (Vicarious) और विशेष क्षेत्री वितरण का एक रूप अवशिष्ट (Relic) वितरण भी अलग माना जाता है। कुल का वितरण सतत होने पर भी जातियों और प्रजातियों का वितरण असतत या विशेष क्षेत्री हो सकता है।

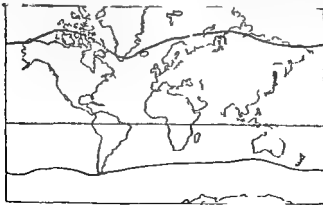
1. **सतत वितरण (Continuous distribution)** सतत वितरण का भावार्थ केवल विस्तृत वितरण से है। स्थलीय पादपों के लिए नदी-नाले, पहाड़, झीलें और समुद्र आदि तो सातत्य (Continuity) में बाधक (Barrier) होते हैं। इसके अतिरिक्त मृदा की विषमताएँ जैसे मृदा का अम्लीय, क्षारीय या ऊसर होना, मृदा में सूक्ष्म जीवों का अभाव आदि भी सतत वितरण में बाधक का कार्य करती हैं। अतः केवल उन्हीं वर्गों (Taxa) का वितरण सतत माना जाता है जो सभी महाद्वीपों में किसी जलवायु विशेष या सभी जलवायु क्षेत्रों में पाए जाते हैं (चित्र 11.7)। इसके चार प्रकार निम्न हैं —

- (i) **विश्व व्यापी (Cosmopolitan) :--** जलवायु की विषमताओं तथा मृदीय मिश्रताओं के कारण कोई भी पादप या पादप समूह वस्तुतः विश्व व्यापी वितरण प्रकार का होता ही नहीं है। इस लिये विश्व व्यापी उन पादपों या पादप समूहों



चित्र 117 पोलीगेलेसी कुल का अन्तरमहाद्वीपीय वितरण क्षेत्र

को कहते हैं जो पृथ्वी के लगभग सभी जलवायु प्रदेशों में विस्तृत रूप से वितरित होते हैं। इस तरह का वितरण ग्रेमिनी कम्पोजिटी साइपरेसी और कैरियोफिल्लेसी कुलों का होता है। उष्ण उपोष्ण और शीतोष्ण प्रदेशों में विस्तृत वितरण वाले कुलों में आर्किडेसी पेपिलियोनेसी (चित्र 118) सेबियेटी लिस्सिएसी बोरेजिनेएसी इत्यादि प्रमुख हैं। सोलेनम यूफ्रेबिया पोलीगला सिरपस झावेरा यूट्रिकुलेरिया आदि प्रजातियों को विश्व व्यापी वितरण प्रकार में रखा जाता है। वैसे जातियों में किसी को भी विश्व व्यापी नहीं कहा जा सकता फिर भी निम्न को पोटोमोगेदान



चित्र 118 पेपिलियोनेसी कुल का विश्व व्यापी वितरण क्षेत्र

क्रिस्पस, पोटैमोगेटान पेक्टीनेटस, चीनोपोडियम एलबन, साइनोडोन डेक्टाइलोन आदि को इस वितरण प्रकार के निकटतम माना गया है।

- (ii) **परिध्रुवीय (Circumpolar) :-** यदि पादप का वितरण ध्रुवों के अतिरिक्त ध्रुवों के पास सभी महाद्वीपों तक सीमित हो तो उसे परिध्रुवीय वितरण कहा जाता है। पोलुनिन (1959) के अनुसार दक्षिण ध्रुव पर लगभग कोई पुष्पी पौधा नहीं पाया जाता अतः यह विशुद्ध रूप से उत्तर ध्रुवीय है। सेक्सीफ्रगा अप्रैजिटीफ्रेलिया, केरेक्स लेपोनिका, रेनकुलस नेवेलिम आदि मुख्य परि-ध्रुवीय जातियाँ हैं।
- (iii) **परि-उत्तरी (Circumboreal) और परि-दक्षिणी (Circumastral) :-** उत्तरी या दक्षिणी गोलार्ध में, सभी महाद्वीपों में विस्तृत वितरण में पाये जाने वाले पादप वितरण प्रकार को क्रमशः परि-उत्तरी या परि-दक्षिणी कहा जाता है। परि-उत्तरी प्रकार के वितरण के उदाहरण डायोएन्सिएसी, कोरिलेसी, मोनोट्रोपेसी, पोडोफिल्लेसी आदि कुल हैं। केवल दक्षिणी शीतोष्ण प्रदेशों में वितरित कुलों में प्रोटिएसी, क्युनोनिएसी आदि प्रमुख हैं तथा प्रजातियों में डेन्योनिया प्रमुख है।
- (iv) **सार्व-उष्ण कटिबन्धी (Pantropical) उष्ण कटिबन्धों में विस्तृत वितरण वाले पादपों को सार्व-उष्ण कटिबन्धी कहा जाता है।** इसका सर्वोत्तम उदाहरण पॉनी कुल है (चित्र 119)। कुछ मुख्य प्रजातियाँ बाहिनिया, इलबरजिया, डायोस्कोरिया, फाइलेन्यम, ओसिमस, कोरकोरस, कैसिया, माइमोसा आदि हैं। सार्व-उष्ण कटिबन्धी जातियों की संख्या अधिकाधिक है, लगभग 250 प्रजातियाँ उष्ण कटिबन्धीय हैं जिसमें से 135 पूर्णरूप से सार्व-उष्ण कटिबन्धी मानी जा सकती हैं। कुछ मुख्य सार्व-उष्ण कटिबन्धी कुल एस्कलेपाइडेसी, अनेरीलिडेसी, अरेसी, अरिस्टोलेकिएसी, कुकुरबिटेसी, लोरेन्डेसी, टिलिएसी आदि हैं।

यहाँ यह जान लेना आवश्यक है कि सतत वितरण में असंख्य पादप ऐसे भी हैं, जिन्हें उपरोक्त चार वर्गों में से किसी एक वर्ग में नहीं रखा जा सकता है क्योंकि अधिसंख्य जातियाँ, प्रजातियाँ एक से अधिक जलवायु प्रदेशों में पायी जाती हैं। अनेक परि-उत्तरी शीतोष्ण कुलों, प्रजातियों और जातियों का वितरण क्षेत्र उष्ण कटिबन्धों में भी है तथा इसी तरह उष्ण कटिबन्धी जातियों, प्रजातियों का परि-उत्तरी या परि-दक्षिण क्षेत्रों में वितरण है।

2. **असतत वितरण (Discontinuous or disjunct distribution) :-** जब किसी पादप जाति, प्रजाति या कुल का वितरण दो या दो से अधिक सूदूर स्थित क्षेत्र में होता है तो इस प्रकार के वितरण को असतत वितरण कहा जाता है। इस तरह के वितरण में क्षेत्रों की दूरी प्रायः इतनी अधिक होती है कि सामान्य प्रकीर्णन प्रक्रिया द्वारा इसकी व्याख्या नहीं की जा सकती है। पोलुनिन (1960) ने अपनी पुस्तक "परिव्याप्तक पादप भूगोल" में मुख्य चार प्रकार की असततता बताई है।

- (i) **छिन्न (Diffuse)** जब पादप वितरण क्षेत्र कई छोटे छोटे भागों में बँटा हुआ हो।
- (ii) **द्विभाजी (Bipartite)** जब पादप वितरण एक ही गोलार्ध में दो क्षेत्रों में बँटा हुआ होता है।

(iii) **द्विध्रुवीय (Bipolar):** जब पादप वितरण उत्तरी और दक्षिण गोलार्धों में विभाजित हुआ हो ।

(iv) **तुंगी (Altitudinal) :** जब पादप वितरण दो भिन्न ऊँचाई के प्रदेशों में वितरित हो तो इस तरह के असतत वितरण को तुंगी कहा जाता है ।

कुछ मुख्य असतत वितरण निम्न प्रकार हैं ।

1. **उत्तरी-ध्रुवीय पर्वतीय (Arctic-Alpine):** इस तरह का वितरण उत्तरी ध्रुव, शीतोष्ण या उष्ण प्रदेशों के पर्वतों पर होता है । उदाहरणार्थ **सेबसीफ्रागा, सेलिक्स, साइसीन** आदि ।
2. **उत्तरी अण्डमहासागरीय (North Atlantic):** इस तरह का असतत वितरण मुख्यतः उत्तरी अण्डमहासागर के दोनों ओर होता है । उदाहरणार्थ **पोलीगोनम, जनकस, स्पाइरेन्थस** आदि ।
3. **उत्तरी प्रशांत महासागरीय (North Pacific):** जब पादप वितरण उत्तरी प्रशांत महासागर में दोनों ओर अर्थात् पूर्वी एशिया तथा पश्चिमी उत्तरी अमेरिका में हो । उदाहरणार्थ **निरियोडेन्ड्रोन, शंकुघारी पादप** ।
4. **उत्तरी-दक्षिणी अमेरिका (North-South America):** जब पादप उत्तरी और दक्षिण अमेरिका में समान जलवायु क्षेत्र में वितरित हो । उदाहरणार्थ **सैरिया डाइब्रीगेटा तथा सारासेनिएसी** कुल के कुछ पादप ।
5. **यूरोशियाई (Eurasian):** जब असतत वितरण यूरोप तथा एशिया के सुदूर स्थानों में हो तो इस तरह के वितरण को यूरोशियाई कहा जाता है । उदाहरणार्थ **लियोरिस अस्टाइका, सीमितीफ्युगा फीटिडा** आदि ।
6. **भूमध्य सागरीय (Mediterranean):** जब असतत वितरण भूमध्य सागर के आस-पास यूरोप, अफ्रीका और पूर्वी अमेरिका में हो । उदाहरणार्थ **प्युनिकेसी, तिस्यम, सेरेटोनिया, सिलिकुआ** आदि ।
7. **उष्ण कटिबन्धी (Tropical):** जब पादप उष्ण कटिबन्धों के दो या दो से अधिक क्षेत्रों में वितरित हो — जैसे

एशिया और मेडागास्कर में — **त्रैपेन्थिस**

एशिया और अफ्रीका में — **चेन्डेनस, कोफिया एरोबिका**

अफ्रीका और मेडागास्कर में — **बायोसा एवीसीनिया**

अफ्रीका और अमेरिका में — **एनोना**

गौणद्वान्त प्रदेशों में (अमेरिका, अफ्रीका तथा एशिया में) (चित्र 11 10) — **एन्सोनिया, लोबेनिया**

इन्डोमलाया (आस्ट्रेलिया और पोलीनेशिया) में — **एन्थेस डेक्राडियम**



चित्र 11.9 : पामी कुल का सार्व उष्ण कटिबंधी संतत वितरण क्षेत्र

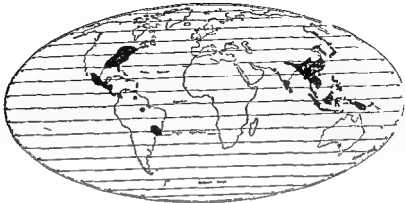


चित्र 11.10 : लेसिपिडेसी कुल का असंतत क्षेत्र

8. दक्षिण प्रशांत महासागरीय (South Pacific): जब असंतत वितरण दक्षिणी प्रशांत और दक्षिणी अमेरिका में हो - उदाहरणार्थ पेरुनेटिया, सोरेलिया, डेवे, ब्राह्मिस आदि ।
9. दक्षिणी अंधमहासागरीय (South Atlantic): दक्षिणी अंधमहासागर के दोनों ओर अर्थात् मुख्यतः शीतोष्ण प्रदेशों में वितरित, अफ्रीका और दक्षिणी अमेरिका में वितरित - उदाहरणार्थ एससेपियास पोसिग्रमा, टेलेन्बरा आदि ।
10. दक्षिण ध्रुवीय (Antarctic): दक्षिण ध्रुव प्रदेशों में प्रायः जीवाश्म रूप में तथा दक्षिण अमेरिका या न्यूजीलैंड या अन्य दक्षिणी द्वीपों में - उदाहरणार्थ नोथोकेगल
11. अन्तरामहाद्वीपीय (Intra Continental): जब असंतत वितरण एक ही महाद्वीप में बहुत दूर बिखरे स्थानों में हो उदाहरणार्थ - आस्ट्रेलिया में डेलेरा, यूरोप में रुबिया टेबोपसिया, रोडोटेन्डोन पोन्टिकम आदि ।

पादप जगत में कुछ असंतत वितरण इस प्रकार के हैं कि जिन्हें किसी भी वर्ग विशेष में नहीं रखा जा सकता है जैसे कैकटसी कुल का वितरण केन्द्र मुख्यतः अमेरिका होते हुए भी यह दक्षिण अमेरिका, मेडागास्कर, श्रीलंका और भारत में भी वितरित है । इसी तरह मैग्नोलिएसी कुल का वितरण प्रचान्त, पूर्वी-उत्तरी अमेरिका और दक्षिण-पूर्वी एशिया में है (चित्र 11.11) ।

2. असंतत विवरण की विवेचना व्याख्यात्मक पादप भूगोल के अन्तर्गत असंतत वितरण की व्याख्या के लिये समय-समय पर विभिन्न मत व्यक्त किये गये । क्रोयज़ाट (1952) के मतानुसार भिन्न-भिन्न भागों में समान वर्गों (Taxa) का विकास स्वतंत्र रूप से हुआ होगा । इस विचारधारा को बहुजातिवृत्तीय विकास (Polyphyletic) कहा गया । अनुमानतः असंतत वितरण भी किसी पूर्वज वर्ग के आनुवांशिक पुनसंयोजन के द्वारा



चित्र 11.11 मैगनोसिपसी कुल का असतत वितरण क्षेत्र

विभेदन (Differentiation) से स्वतंत्र विकास के कारण सम्व हुआ होगा। इस मत के समर्थन में प्रतिस्थ (Vicarious) जातियों के वितरण की चर्चा की जाती है। प्रतिस्थ जाति किसी जाति की निकटस्थ जाति है जो जलवायवीय (Climatic) तथा मृदीय (Edaphic) विभिन्नताओं के कारण पायी जाती है। जो वस्तुतः एक ही जाति के पारिस्थितिकीय प्रारूप हो सकती है।

एक अन्य विचारधारा के अनुसार असतत वितरण की व्याख्या गोंडवाना प्रदेश की अतीत में उपस्थिति तथा समयान्तराल में महाद्वीपीय विस्थापन के द्वारा की जा सकती है।

इसके विपरीत कुछ पादप भूगोल विद् पूर्व महाकल्पो में थल सेतुओं (Land bridges) और पर्वत श्रृंखलाओं (Mountain ranges) के सहारे विकिरण और प्रवास के विचार में विश्वास करते हैं। उत्तरी अमेरिका और पूर्वी एशिया में अनेक उभयनिष्ठ पादप प्रजातियाँ पायी जाती हैं। सम्भवतः ये पादप प्रजातियाँ सीनोजोइक महाकल्प में रॉकीज पर्वतों के सहारे प्रवास करके बेरिंग जलडमरूमध्य के बीच रहे थल सेतु से होकर एशिया में प्रवेश कर गईं।

इसी तरह एक ही महाद्वीप में बहुत दूर-दूर बिखरे असतत वितरण के लिये प्रवास बाधाओं और पूर्वकाल में विस्तृत वितरण के अवशिष्ट क्षेत्रों (Relic areas) की परिकल्पना भी प्रस्तुत की गई।

3 विशेष क्षेत्रीय वितरण या विशेष क्षेत्रिता (Endemism) सामान्यतया पादप या पादप समुदायों का विस्तार क्षेत्र भिन्न-भिन्न होता है। कुछ जातियाँ, प्रजातियाँ विस्तृत क्षेत्री होती हैं तो कुछ छोटे क्षेत्रों या क्षेत्र में ही पायी जाती हैं। जब कोई कुल, प्रजाति या जाति किसी सीमित क्षेत्र में ही वितरित होती है तो इस प्रकार के वितरण को विशेष क्षेत्री (Endemic) कहा जाता है। मुह (1964) ने पादप वितरण की सांख्यिकीय विश्लेषण प्रस्तुत करते हुए बताया कि पृष्ठी पीघों की लगभग 15 प्रतिशत प्रजातियाँ सतत वितरण

क्षेत्र में आती है जबकि शेष 85 प्रतिशत असतत एवम् विशेष क्षेत्री वितरण के अन्तर्गत आती है। विशेष क्षेत्री वितरण वाले कुलों की संख्या बहुत अधिक है। महासागरीय द्वीपों के पौधों में विशेष क्षेत्री प्रजातियाँ और जातियाँ अधिसंख्य पायी जाती हैं। हवाई द्वीप समूह और जुआन फर्नान्डेज द्वीप समूह में 85 प्रतिशत से अधिक पादप विशेष क्षेत्री हैं। मैडागास्कर द्वीप समूह में समूचे वनस्पति क्षेत्र का 66 प्रतिशत, न्यूजीलैंड में लगभग 72 प्रतिशत और सेठ हेलेना द्वीपों में 85 प्रतिशत पौधे विशेष क्षेत्री हैं। गैलापोगोस द्वीपों में 80 प्रतिशत से अधिक पादप विशेष क्षेत्री हैं। जिनके अध्ययन से डार्विन को अपने वरणात्मक विकासवाद के सिद्धान्त के लिये प्रमाण मिले थे। महासागरीय द्वीपों के अतिरिक्त विशेष क्षेत्री जातियाँ प्रायः ऊँची पर्वत शृंखलाओं में भी बहुतायत में पायी जाती हैं। वुल्फ (1943) ने बताया कि यूरोप के आल्प्स (Alps) पर्वत पर लगभग 200 पादप जातियाँ विशेष क्षेत्री वितरण वाली हैं। इसी तरह कैमरून, पाइरेन, शीरिया, स्वेनजोरी, किनबालु आदि पर्वतमालाएँ इस तरह के वितरण के लिए विशेष उल्लेखनीय हैं। चटर्जी (1939) ने केवल हिमालय पर्वत पर 3169 द्विबीजपत्री पादप जातियों के विशेष क्षेत्री होने का अनुमान लगाया है जो पूरे हिमालय पर्वत शृंखलाओं पर पायी जाने वाली द्विबीजपत्री पादप जातियों की संख्या का लगभग 23 प्रतिशत हैं। इसके अतिरिक्त अनेक जातियाँ विषमताओं के कारण विशेष क्षेत्री होती हैं जैसे जिक, निकिल, क्रोमियम, मैगनीशियम, कैल्शियम आदि की अधिकता, मृदा का खसर होना, मृदा की विशेष रसायनिक संरचना इत्यादि। गुड (1964) ने अपनी पुस्तक में विभिन्न पादप प्रान्तों में विशेष क्षेत्री पौधों की लम्बी सूचियाँ प्रकाशित की हैं। विशेष क्षेत्री वितरण में हम कुलों, प्रजातियों, जातियों की चर्चा करते हैं। कुलों के वितरण में एक पूरे महाद्वीप में पाये जाने वाले कुल को भी विशेष क्षेत्री कहा जाता है जबकि एक जाति विशेष का वितरण एक महाद्वीप में होने पर या एक ही जलवायु में एक ही अक्षांश में स्थित महाद्वीपों में होने पर विस्तृत वितरण क्षेत्र माना जाता है। अतः अधिकतर विशेष क्षेत्री जातियाँ कुल हजार वर्गमील या केवल कुछ वर्गमील क्षेत्र में ही वितरित होती हैं। यहाँ पर कुछ उदाहरण विभिन्न वर्गों के दिये जा रहे हैं जैसे डेजोनेरिएसी कुल (फिजी में), बारबेनेसी, हम्बर्टिएसी (मैडागास्कर में), आस्ट्रोवेलिएसी, ब्रूतोनिएसी, एकेनिएसी (आस्ट्रेलिया में), लेपीडोबोर्दिएसी, साइटोपेटलैसी, ग्रेडैसी (अफ्रीका में) इत्यादि विशेष क्षेत्री कुलों के उदाहरण हैं। इसी तरह निम्न प्रजातियाँ कुछ क्षेत्र विशेष की विशेष क्षेत्री प्रजातियाँ हैं जैसे कोक्सलेता, टेक्टीलेन्स, एन्टीसिना (न्यूजीलैंड), मोनोकोकस, स्क्वोर्डिया, एम्बीडियस, डारवीनिया (आस्ट्रेलिया), क्रोसिया, स्लेन्स, कैलारेन्स, स्लोरोजाइसोन, पेटेलोडियम, सीसुलिया आदि (भारत)। विशेष क्षेत्री जातियों की संख्या बहुत अधिक है। एकेशिया और यूक्सिपटस की सैकड़ों जातियाँ कैलिस्टेमोन, पेन्डेनस, कैजुराइन की अनेक जातियाँ आस्ट्रेलिया की विशेष क्षेत्री हैं। इसी तरह पोआ अन्टाईक, करान्ता सीकलर, कोक्रोशिया टिबेटिका, माइरिकेरिया प्रोस्ट्रेटा, गार्डमूला फ्लोरिडी तिब्बत की विशेष क्षेत्री जातियाँ हैं। एंगेल यार्मनोस, क्रोटेरिना तन्सिया, इन्डिगोफेरा टिकटोरिया, पाइपर निग्रम, साराका इन्डिका, फाइकस बेंगलेन्सिस, झुटिया मोनोस्पेर्मा, शोरिया रोबस्टा आदि (भारत में)।

किसी भी जाति का वितरण क्षेत्र अनेक पारिस्थितिक कारकों द्वारा नियंत्रित होता है। यदि किसी जाति का पारिस्थितिकी आयाम (Ecological amplitude) कम होता है तो उनका विस्तार भी सीमित क्षेत्र में ही होता है। विशेष वातावरण के बाहर वह अपना अस्तित्व नहीं बना रख पाती है तथा अन्तसर्घर्ष करती हुई विलुप्त हो जाती है। विशेष क्षेत्री पादपों को सामान्यतया दो प्रकारों में विभक्त किया जाता है।

(क) पुराविशेष क्षेत्री या एपी बायोटिक या अवशिष्ट या सकुचित विशेष क्षेत्रिता (Paleoendemic or epibiotic or relics or contracting or retrogressive endemism) ये विशेष वर्गक जिनका पूर्वकाल में विस्तृत विस्तार रहा है परन्तु शनैः-शनैः उनका वितरण सकुचित होकर अब कुछ क्षेत्र में ही रह गया है।

(ख) नियोएन्डेमिक या माइक्रोएन्डेमिक या विस्तृत विशेष क्षेत्रिता (Neoendemic or Micro endemic or expanding or progressive endemism)-- ऐसी जातियाँ या प्रजातियाँ जिनका उद्भव नया है तथा वे अभी अपना वितरण क्षेत्र नहीं बढ़ा पाई हैं। जिनके विस्तारित होने की प्रबल सम्भावना है परन्तु वर्तमान में वह विशेष क्षेत्री है। वैज्ञानिकों का अनुमान है कि विशेष क्षेत्री जातियाँ प्राचीन कल्पों के पौधों का अवशेष मात्र है। जो पृथ्वी में हुए भूआकृतिक परिवर्तनों तथा महाद्वीपीय विस्थापन के कारण कुछ क्षेत्र विशेष तक ही सिमट कर रह गये हैं तथा कई कारणों से अपने वितरण क्षेत्र का विस्तार करने में समर्थ नहीं हो पाए। इस मत के पक्ष में द्रापा मेटेन्स, सिक्वोजा सेम्परवाइरेन्स, जिन्नो बाइलोबा आदि पादपों के उदाहरण दिये जाते हैं। द्रापा मेटेन्स का वितरण उत्तरी यूरोप व एशिया के कुछ भागों में पाया जाता है और इन्हीं क्षेत्रों से इसके कई जीवाश्म (Fossil) भी मिले हैं। जो यह इंगित करते हैं कि पूर्व काल में यह जाति विस्तृत रूप से वितरित थी। इस तरह सिक्वोजा सेम्परवाइरेन्स के जीवाश्म भी पश्चिमी अमेरिका में ही पाये जाते हैं। ये पेड़ निर्विवाद रूप से हजारों वर्ष पुराने हैं। डार्विन के वरणात्मक विकासवाद के सिद्धान्त में विश्वास करने वाले वैज्ञानिक विशेष क्षेत्री जातियों को पुराविशेषी या अवशिष्ट जातियाँ ही मानते हैं। इस मत के अनुसार बाद के काल में विकसित जातियाँ पर्यावरणीय कारकों के अधिक अनुकूल रही होंगी। इस कारण पुरानी जातियाँ बाद में विकसित जातियों से स्पर्धा में पिछड़ गईं और सीमित क्षेत्र में वितरित होकर रह गई होंगी। वुल्फ (1943) ने प्रतिष्ठित जातियों और विशेष क्षेत्री अवशिष्ट जातियों को पृथक् किया। उनके अनुसार केवल वे ही जातियाँ या प्रजातियाँ पुराविशेष क्षेत्री कहलायेंगी जो अपने पूर्वजों के आदिम गुणों से युक्त होंगी। इस आधार पर अवशिष्ट जातियों को भी कई प्रकार से विभाजित किया जाता है—जैसे स्थानीय, भूआकृतिक, जलवायवी, मानवाद्भव प्रवासी इत्यादि। इसलिये अवशिष्टवाद का निर्धारण उस जाति या प्रजाति के जीवाश्मों की उपलब्धता तथा उसके आदिम गुणों के आधार पर किया जाता है।

इसी क्रम में केन (1944) ने “प्रजाति चक्र के सिद्धान्त” (Theory of generic cycle) का प्रतिपादन किया जो एक जातिवृत्तीय (Monophyletic) विकास पर आधारित है। इसने किसी जाति के विकास चक्र की तुलना व्यक्ति या व्यक्ति (Individual) के विकास क्रम से की गई है। इस तरह जाति के विकास की भी चार अवस्थाएँ मानी गई हैं क्रमशः युवावस्था,

बाहुल्यता को इस के वितरण के लिये महत्वपूर्ण माना। होरा के मत के अनुसार प्लास्टोसीन काल में सतपुड़ा, अरावली तथा विष्णुचल पर्वत श्रेणियाँ आपस में जुड़ी थी और इस तरह पूर्वी हिमालय से सह्याद्री पर्वत (पश्चिमी घाट का उत्तरी भाग) तक एक सतत पर्वत शृंखला थी। जो 5000-6000 फीट ऊँची रही होगी। इस क्षेत्र में 250 से० मी० से अधिक वर्षा के कारण उष्ण सदाबहार वन रहे होंगे। इस पर्वत शृंखलाओं के कारण आसाम और पूर्वी हिमालय से छोटा नागपुर क्षेत्र तक ओर वहाँ से दक्षिण भारत तथा लका तक विष्णु-सतपुड़ा-पश्चिमी घाट मार्ग से प्रवास सम्भव हुआ होगा। कालान्तर में इस पर्वत शृंखला के बीच-बीच में नष्ट हो जाने से वितरण असतत हो गया होगा। आडेन (1949) तथा डे (1949) ने सतत सतपुड़ा पर्वत शृंखला के अस्तित्व पर भूवैज्ञानिक आधार पर प्रश्न चिन्ह लगाया। लेग्रिस (1963) ने पश्चिम तट से होकर प्रवास की सम्भावना व्यक्त की और इसके लिये जलवायवीय, भूवैज्ञानिक तथा पुरुषान्तरात्मक प्रमाण भी प्रस्तुत किये। लेग्रिस के ही अनुसार प्रवास दक्षिण से उत्तर-पूर्व की ओर हुआ होगा। यह मार्ग आसाम को पश्चिमी घाट से बंगाल, उड़ीसा की पर्वत शृंखलाओं, पूर्वी घाट, मैसूर तथा नीलगिरी के द्वारा जोड़ता है। वर्तमान में अधिकांश पादप भूगोलविदों के अनुसार प्लेस्टोसीन युग में हिमनदीकरण के परिणामस्वरूप हुए जलवायु परिवर्तन ही असातत्य वितरण की सर्वोत्तम व्याख्या करते हैं।

पुष्पधारी पादपों की उत्पत्ति संबंधी अवधारणा :

आवृतबीजी पादपों के उत्पत्ति स्थान के संबंध में तीन मत व्यक्त किए गये हैं तथा जलवायु परिवर्तन को आधार माना गया है। वस्तुतः कोई भी मत अपने आप में परिपूर्ण नहीं कहा जा सकता है।

प्रथम अवधारणा के अनुसार पुष्पधारी पादपों की उत्पत्ति उत्तरी ध्रुव प्रदेशों पर हुई होगी जहाँ से प्लास्टोसीन युग में हिमनदीकरण होने से इनका दक्षिण की ओर प्रवास हुआ होगा। जीवाश्मों की बाहुल्यता तथा उत्तरी ध्रुव प्रदेशों में जलवायु के उष्ण होने की सम्भावना से इस मत को समर्थन प्राप्त होता है इस मत को होताकीटिक मत भी कहा जाता है।

द्वितीय मत के अनुसार पुष्पधारी पादपों की उत्पत्ति एबन विकास उष्ण कटिबन्धों में हुआ होगा। गप्पी (1906), एक्सेलरोड (1952) और तख्ताजान (1957) ने इस मत का समर्थन किया। एक्सेलरोड ने क्रिटेशियस कल्प की प्रारम्भिक अवस्थाओं में विभिन्न अक्षांशों से प्राप्त जीवाश्मों का सध्यात्मक विश्लेषण कर निष्कर्ष व्यक्त किया कि आल्बियन काल के पहले 60°N अक्षांश से उत्तर में पुष्पधारी पादप उपस्थित नहीं थे जबकि निम्न अक्षांशों पर कुछ पुष्पधारी पौधे पाये गये। इस अध्ययन से यह निष्कर्ष निकाला गया कि आवृत बीजी पादपों की उत्पत्ति सम्भवतः उष्ण कटिबन्धों वाले प्रदेशों में हुई होगी तथा कालान्तर में तीव्र गति से विकसित होकर वे उत्तरी अक्षांशों की ओर प्रवास करके वृहद स्तर पर वितरित हो गये होंगे। एक्सेलरोड ने विश्वास किया कि इन पादपों का विकास पर्वत शृंखलाओं में हुआ होगा जहाँ उनके जीवाश्म बनने की अनुकूल परिस्थितियाँ नहीं थी। बाद में पर्वतों से इन पादपों का मैदानी भूभाग में प्रवास हुआ होगा। जहाँ उनके

(Cultivated plants) की उत्पत्ति अपेक्षाकृत नवीन होते हुए भी विस्तारण विस्तृत क्षेत्र में है। पोलुनिन (1960) के अनुसार विशेष क्षेत्री जातियों विकास क्रम नवागन्तुक हो सकती है या अवशिष्ट है जिनका अतीत में विस्तृत वितरण क्षेत्र रहा होगा। नई विकसित विशेष जातियों में प्रायः गुणसूत्र बड़े होते हैं। ये विस्तृत परिस्थितिकीय आयाम वाली एवं आक्रमक प्रवृत्ति की होती हैं। इसके विपरीत अपशिष्ट जातियों में गुणसूत्र प्रायः छोटे तथा परिस्थितिकीय आयाम संकुचित होता है।

भारत के विशेष क्षेत्री पादप और पादप सूची

भारत वर्ष निश्चय ही एक सुनिश्चित भौगोलिक ईकाई है जो कि भूमध्य रेखा के उत्तर में लगभग 8°4' से 37°6' उत्तरी अक्षांश रेखाओं तथा लगभग 68°7' से 97°25' पूर्वी देशान्तर रेखाओं के मध्य अवस्थित है। यह तीन दिशाओं, दक्षिण पूर्व, पश्चिम से गहरे समुद्रों तथा उत्तर में विश्व की सबसे ऊँची पर्वत श्रृंखलाओं हिमालय तथा उत्तर पश्चिम में शुष्क मरुस्थल जैसी प्राकृतिक प्रवास बाधाओं से घिरा है। मार्सडन के अनुसार विश्व की समस्त जलवायु का सम्मिश्रण अकेले भारत में मिलता है। जैसा कि पूर्व में उल्लेख किया गया है भारत अतीत में गोंडवाना प्रदेश का एक अंश रहा है। महाद्वीपीय विस्थापन द्वारा हिमालय की ऊँची पर्वत श्रृंखलाओं की उत्पत्ति प्लायस्टोसीन युग से कुछ पहले ही हुई होगी ऐसी स्थिति में भारतीय पादप जात की अपनी कोई निजी विशेषता नहीं है बल्कि आसपास के स्थानों के अतिरिक्त सूदूर स्थलों के पादपी तत्व भी इन्हीं पाये जाते हैं। भारत की विशेष भौगोलिक परिस्थिति एवम् जलवायु के कारण यहाँ भारतीय के अतिरिक्त भूमध्यसागरीय, अफ्रीकी, मलायाई, चीनी, आस्ट्रेलियाई व अमेरिकी पादप तत्व पाये जाते हैं। अनेक जातियों की उत्पत्ति इस क्षेत्र से हुई है। भारत वर्ष में पुष्पी पादपों की लगभग 21,000 जातियाँ पाई जाती हैं। यह विश्व का लगभग दस प्रतिशत है। टेरिडोफाइट्स की लगभग 600 जातियाँ पाई जाती हैं। पुष्पी पादपों में कोई भी कुल भारत वर्ष के लिये विशेष क्षेत्री नहीं है। आरकडिसेसी 1700 जातियों के साथ सबसे बड़ा कुल है। अन्य प्रमुख बड़े कुल लेग्यूमिनोसी, प्रेमिनी, दबीएसी, यूफोर्बिएसी, ऐकन्येसी, लेबिएटी, कम्पोजिट, साइपरेसी, आर्टिकेसी आदि हैं। चटर्जी (1939 व 1962) ने भारत तथा बर्मा के विशेष क्षेत्री पादपों का विस्तृत अध्ययन किया। चटर्जी के ही अनुसार द्विबीजपत्री पौधों की लगभग 11,124 जातियाँ जो 1831 प्रजातियों एवं 173 कुलों में वितरित हैं। इन जातियों में लगभग 61.5% ब्रिटिश इंडिया में, सिलोन को छोड़ कर विशेष क्षेत्री हैं। जबकि द्विबीजपत्री प्रजातियों के लिये यह प्रतिशत केवल 7.3 है (अर्थात् 1831 प्रजातियों में से 134 प्रजातियाँ)। द्विबीज पत्री के 173 कुलों में से 81 कुलों में प्रत्येक कुल में 20 से भी अधिक जातियाँ पायी जाती हैं। 20 से अधिक जातियों वाले कुलों में से 27 कुलों में 50 प्रतिशत से कम विशेष क्षेत्री पौधे पाये जाते हैं जबकि शेष 65 कुलों में 50 प्रतिशत से अधिक विशेष क्षेत्री पादप जातियाँ पाई जाती हैं। द्विबीजपत्री में सर्वाधिक विशेष क्षेत्री पौधे हिमालय में 3169 जातियाँ (28.8%), दक्षिण भारतीय प्रायद्वीप में 2048 जातियाँ (18.2%) और बर्मा में 1071 जातियाँ (9.6%) अन्त में 4.9% द्विबीजपत्री जातियाँ पूरे भारतीय प्रायद्वीप (Indian subcontinent) में विशेष क्षेत्री हैं।

भारत में एक बीजपत्री पौधों में 20% जातियाँ विशेष क्षेत्री हैं जिनमें से 1000 जातियाँ हिमालय में तथा 500 जातियाँ दक्षिण भारत में पायी जाती हैं।

भारत के कुछ विशेष क्षेत्री पादप निम्न प्रकार हैं।

प्रजातियाँ :--

केलाकेन्यस, हेलेन्यस, पेटेलोडियम, क्लोरोज्वाइलोन, मेकेनोसिस, हेमाफ्राम्मा, ब्लिफेरीस्टेना, कुडासिया, हिचेनिया, उटलेरिया, एक्सीकोम, डिटोसेरास, सीसुलिया, जेलानीडियम सेगेनान्द्रा, हेलाण्डिया डोडेकोनिया आदि।

जातियाँ :--

डायोस्पाइरोस एबेनम, वैन्डा सीसुलिया, वाइटेक्स नेगुण्डो, कैतोद्रोपिस जाइजेन्टिया, फाइक्स इलास्टिका, बोम्बेक्स मेलेबेरिकम, स्ट्राबाइलेन्यस की जातियाँ, मेनेसाइलोन और हम्बोल्टिया की जातियाँ, डेन्ड्रोबियम नोबाइल, डेइरा मेटेल, पेनीसेटम, ग्लाइकम, गाइनोकोर्डिया ओडोरेटा, बायमोनिया, आइपोमिया के अनेक जातियाँ, जैसीमीनम ग्राडीफ्लोरम, हिबिस्कस एबेलमोशकस, गोडीफ्लोरा, कोराइफा अम्ब्रेकुलीफेरा, होम्स कोल्डिया सेग्वाइना, आर्टोकार्पस नोबेलिस, कोरकोरस केप्सुलेरिस, कैरियोटा यूरेन्स, इलेटेरिया रेपेन्स, पाइपर लोगम, इत्युसाइन कोरा काना, लफ्फा इजीपटिका, कैरोनिया एलीफेन्टम, मुराया कोयनिगाई, पेटोकार्पस सेट लाइनम, सीसेमम इन्डिकम, ओराइजा कोआर्कटाटा आदि।

भारत में अधिसंख्य विशेष क्षेत्री पादप तीन उपक्षेत्रों में केन्द्रित हैं। हिमालय पर्वतक शृङ्खलाएँ तिब्बत से गंगा के मैदानों में प्रवासित होने वाले पौधों के लिए बाधक (Barner) रूप में माना गया है। गंगा की जलोढ़ (Alluvium) मृदाय मैदानों को भी प्रवास में बाधा माना गया है। इस प्रकृतिक बाधाओं ने हिमालय क्षेत्र व दक्षिण भारत में विषेक्ष क्षेत्री पादपों के वृहद विकास में मदद की है जबकि मैदानी भूभाग में जनसंख्या दबाव तथा जलवायु की समानता के कारण विशेष क्षेत्री पादपों के विकास पर विपरीत प्रभाव पड़ा है। लेग्रिस (1963) ने गंगा की उष्ण जलोढ़ मृदा को प्राकृतिक बाधक के रूप में स्वीकार नहीं किया। उनके अनुसार हिमालय व दक्षिण के पठारों में विशेष क्षेत्री पादपों की बाहुल्यता का कारण इन दो भूभागों की जलवायु में बहुत भिन्नता तथा शिवालिक पहाड़ियों की उपस्थिति है।

चटर्जी (1957) पुरी (1960) सेशामिरी राय (1961) ने भारतीय वनस्पति के वितरण से सम्बन्धित उल्लेखनीय कार्य किया है। इसी सदर्भ में उन्होंने भारतीय वनों में वृक्षों के असातत्य वितरण को भी दर्शाया। भारत में पश्चिमी-पूर्वी हिमालय, पूर्वी-उत्तरी भारत का मैदानी भूभाग, तथा दक्षिण-पश्चिम के पठार की वनस्पति में काफी समानताएँ पायी जाती हैं परन्तु इनके बीच के प्रदेशों में यही वनस्पति नहीं पाई जाती है जो असातत्य वितरण को प्रदर्शित करती है। इनमें मुख्य जातियाँ निम्न हैं।

बिशोफिया जेवेनिका (*Bischofia javanica*), कैरालिया ब्रेकिएटा (*Carallia brachiata*), सिड्रेला टूना (*Cedrella toona*), चिकरसिया टेनुलेरिस (*Chickrassia tabularia*), डिलेनिया पेन्टागना (*Dillenia pentagyna*), सेजस्ट्रीमिया फ्लासेरे जिनी

(*Lagerstroemia Pterosperma*), माइकेलिया चम्पाका (*Michelia champaca*), टैक्टोना ग्रांडिस (*Tectona grandis*) और जाइलिया जाइलोकार्पा (*Xylia xylocarpa*) ।

इस असातत्य वितरण की व्याख्या के लिए समय-समय पर भिन्न-भिन्न विचार प्रस्तुत किये गये । मैलिकोट और ब्लेन फोर्ड (1879) भारत में असातत्य वितरण की व्याख्या के लिये हिमालय में हिमनदीकरण के सिद्धान्त का प्रतिपादन किया । प्लास्टोसीन काल में हिमालय में हिमनदीकरण के कारण सम्पूर्ण भारत वर्ष का तापमान बहुत कम हो गया होगा जिससे हिमालयन वनस्पति दक्षिण वर्त प्रवास कर गयी और कालान्तर में पुनः तापमान बढ़ने की वजह से वे दक्षिण में ही ऊँची पर्वत श्रृंखलाओं पर चले गये होंगे । बर्किल (1924) ने भी हिमनदीकरण को प्रवास का मुख्य कारक माना । इस विचार के अनुरूप हिमालय में मलाया पादपी तत्व बहुत पुराना है तथा बंगाल की खाड़ी या लका-दक्कन प्रवास मार्ग से प्रवासित हुआ और हिमकरण के बाद ये वैसे दक्षिण की ओर प्रवास कर गये जहाँ अनुकूल वातावरण रहा होगा । डे टेर और पेटरसन (1939) ने कर्मीर के करेवा निक्षेप (*Karewa deposits*) के अध्ययन से प्राप्त प्रमाणों के आधार पर बताया कि प्लास्टोसीन युग में पोंच हिमशैल (*Glacial*) तथा चार अन्तर्हिमानी (*Inter glacial*) काल आये । जिससे ये हिमनद (*Glacier*) समुद्र से 4000-5000 फीट की ऊँचाई तक फैल गये । जिससे दक्षिण भारत में तापमान बहुत नीचे चला गया होगा । जिससे हिमालयन पादप दक्षिण की ओर प्रवास कर गये होंगे । ब्लास्को (1971) ने हिमनदीकरण के सिद्धान्त से असहमति व्यक्त करते हुए अन्तर्पर्वत श्रृंखलाओं (*Inter mountain*) के मध्य वायु और पशु पक्षियों द्वारा सुदूर विकिरण का विचार रखा परन्तु आडेन और डे (1949) ने हिमनदीकरण व जलवायु परिवर्तन के सिद्धान्त का समर्थन किया । गुप्ता (1962) के मतानुसार पश्चिमी हिमालय में तीव्र हिमनदीकरण के कारण भारतीय मलायाई पादप तत्व तुप्त हो गये तथा शनैः शनैः भूमध्य सागरीय शकुधारी पौधों का बाहुल्य हो गया । बिस्वास (1937) के अनुसार पश्चिमी हिमालय क्षेत्र में प्लास्टोसीन युग में तीव्र हिमनदीकरण के फलस्वरूप ओक-ल्युरेल पादप समुदाय की तरह की वनस्पति के स्थान पर शकुधारी पादपों का अधिपत्य हो गया जबकि पूर्वी हिमालय में हिमनदीकरण अपेक्षाकृत कम होने तथा वर्षा अधिक होने से भारतीय-मलायाई तत्व बचे रह सके ।

दूसरे मत के अनुसार हिन्द महासागर में थल सेतुओं का सिद्धान्त प्रतिपादित किया गया । इस मत के अनुसार मलेशिया, अंडमान निकोबार द्वीप समूह, लका तथा दक्षिण भारत के मध्य महाद्वीपीय थल सेतुओं की कल्पना की गई । ब्लास्क (1928) ने मलायाई तत्व की उपस्थिति का इस मार्ग द्वारा स्पष्टीकरण दिया । इसी तरह भारत, आस्ट्रेलिया तथा न्यूजीलैंड के मध्य थल सेतुओं की परिकल्पना की गई । अफ्रीकी तत्वों की उपस्थिति के लिये मैडागास्कर, भारत व लका को जोड़ने वाले सेमुरिया महाद्वीप की कल्पना की गई । भूवैज्ञानिक प्रमाणों के अभाव में थल सेतु सिद्धान्त को विशेष समर्थन प्राप्त नहीं हो सका ।

होय (1949) ने सतपुड़ा परिकल्पना के रूप में सतत सीमा सिद्धान्त (*Continuous range theory*) प्रतिपादित किया । होय ने तापमान (*Temperature*) कारक के कारण असतत वितरण के मत से असहमति व्यक्त करते हुए आद्रता कारक (*Humidity*) तथा वर्षा की

बाहुल्यता को इस के वितरण के लिये महत्वपूर्ण माना। होरा के मत के अनुसार प्लास्टोसीन काल में सतपुड़ा, अरावली तथा विष्णुचल पर्वत श्रेणियाँ आपस में जुड़ी थी और इस तरह पूर्वी हिमालय से सह्याद्री पर्वत (पश्चिमी घाट का उत्तरी भाग) तक एक सतत पर्वत शृंखला थी। जो 5000-6000 फीट ऊँची रही होगी। इस क्षेत्र में 250 से 0 मी० से अधिक वर्षा के कारण उष्ण सदाबहार वन रहे होंगे। इस पर्वत शृंखलाओं के कारण आसाम और पूर्वी हिमालय से छोटा नागपुर क्षेत्र तक ओर वहाँ से दक्षिण भारत तथा लका तक विष्णु-सतपुड़ा-पश्चिमी घाट मार्ग से प्रवास सम्भव हुआ होगा। कालान्तर में इस पर्वत शृंखला के बीच-बीच में नष्ट हो जाने से वितरण असतत हो गया होगा। आडेन (1949) तथा डे (1949) ने सतत सतपुड़ा पर्वत शृंखला के अस्तित्व पर भूवैज्ञानिक आधार पर प्रश्न चिन्ह लगाया। लेग्रिस (1963) ने पश्चिम तट से होकर प्रवास की सम्भावना व्यक्त की और इसके लिये जलवायवीय, भूवैज्ञानिक तथा पुरुषान्तरिक प्रमाण भी प्रस्तुत किये। लेग्रिस के ही अनुसार प्रवास दक्षिण से उत्तर-पूर्व की ओर हुआ होगा। यह मार्ग आसाम को पश्चिमी घाट से बंगाल, उड़ीसा की पर्वत शृंखलाओं, पूर्वी घाट, मैसूर तथा नीलगिरी के द्वारा जोड़ता है। वर्तमान में अधिकांश पादप भूगोलविदों के अनुसार प्लेस्टोसीन युग में हिमनदीकरण के परिणामस्वरूप हुए जलवायु परिवर्तन ही असातत्य वितरण की सर्वोत्तम व्याख्या करते हैं।

पुष्पधारी पादपों की उत्पत्ति संबंधी अवधारणा :

आवृतबीजी पादपों के उत्पत्ति स्थान के संबंध में तीन मत व्यक्त किए गये हैं तथा जलवायु परिवर्तन को आधार माना गया है। वस्तुतः कोई भी मत अपने आप में परिपूर्ण नहीं कहा जा सकता है।

प्रथम अवधारणा के अनुसार पुष्पधारी पादपों की उत्पत्ति उत्तरी ध्रुव प्रदेशों पर हुई होगी जहाँ से प्लास्टोसीन युग में हिमनदीकरण होने से इनका दक्षिण की ओर प्रवास हुआ होगा। जीवाश्मों की बाहुल्यता तथा उत्तरी ध्रुव प्रदेशों में जलवायु के उष्ण होने की सम्भावना से इस मत को समर्थन प्राप्त होता है इस मत को होताकीटिक मत भी कहा जाता है।

द्वितीय मत के अनुसार पुष्पधारी पादपों की उत्पत्ति एबन् विकास उष्ण कटिबन्धों में हुआ होगा। गप्पी (1906), एक्सेलरोड (1952) और तख्ताजान (1957) ने इस मत का समर्थन किया। एक्सेलरोड ने क्रिटेशियस कल्प की प्रारम्भिक अवस्थाओं में विभिन्न अक्षांशों से प्राप्त जीवाश्मों का सध्यात्मक विश्लेषण कर निष्कर्ष व्यक्त किया कि आल्बियन काल के पहले 60°N अक्षांश से उत्तर में पुष्पधारी पादप उपस्थित नहीं थे जबकि निम्न अक्षांशों पर कुछ पुष्पधारी पौधे पाये गये। इस अध्ययन से यह निष्कर्ष निकाला गया कि आवृत बीजी पादपों की उत्पत्ति सम्भवतः उष्ण कटिबन्धों वाले प्रदेशों में हुई होगी तथा कालान्तर में तीव्र गति से विकसित होकर वे उत्तरी अक्षांशों की ओर प्रवास करके वृहद स्तर पर वितरित हो गये होंगे। एक्सेलरोड ने विश्वास किया कि इन पादपों का विकास पर्वत शृंखलाओं में हुआ होगा जहाँ उनके जीवाश्म बनने की अनुकूल परिस्थितियाँ नहीं थी। बाद में पर्वतों से इन पादपों का मैदानी भूभाग में प्रवास हुआ होगा। जहाँ उनके

विकास और प्रवास की प्रबल सम्भावना से इनका तेजी से अनायास निस्तारण सम्भव हो गया और ये ध्रुव प्रदेशों की ओर प्रवासित हो गये। तख्ताजान ने भी इस विचार का समर्थन करते हुए आस्ट्रेलिया तथा पूर्वी एशिया (इण्डो-मलाया) में इन की उत्पत्ति को माना क्योंकि इन क्षेत्रों में अब भी आदिम कुलों के पादपों का बाहुल्य है।

तृतीय मत क्रोयज़ाट (1952) का है जिसके अनुसार पुष्पधारी पादपों की उत्पत्ति तथा विकास दक्षिणध्रुव प्रदेशों में हुआ होगा तथा कालान्तर में ये विभिन्न दशाओं से होकर उत्तर की ओर फैल गये होंगे। इस मत को होलएन्टार्क्टिक मत भी कहा जाता है। अनेक महत्वपूर्ण शीतोष्ण कटिबन्धी कुल जैसे क्यूनोनिएसी, फाइलेसिएसी, प्रोटिएसी, रेस्टिओनेसी, पिटोस्पारेसी इत्यादि दक्षिण ध्रुव प्रदेशों में ही सीमित हैं। इसके अतिरिक्त भी कुछ कुलों जैसे इल्योकार्पेसी, मोनीमिएसी, एस्केलोनिएसी आदि के पौधे उत्तरी गोलार्ध की तुलना में प्रधानतः दक्षिण गोलार्ध क्षेत्रों में पाये जाते हैं। इसी तरह उत्तरी गोलार्ध के शीतोष्ण प्रदेशों में वितरित पादपों की संख्या अपेक्षाकृत बहुत कम है। महाद्वीपीय विस्थापन के पक्ष प्रस्तुत साक्ष्यों तथा उपरोक्त वितरण प्रमाण के आधार पर कहा जा सकता है कि पुष्पी पादपों का विकास इसी क्षेत्र में हुआ होगा। हालांकि क्रोयज़ाट ने महाद्वीपीय विस्थापन, यल सेतुओं के सिद्धान्त तथा जलवायु का पादप विकास से अन्तर सबन्ध को नहीं स्वीकारा था। क्रोयज़ाट के अनुसार अतीत में जल और यल के अनुपात में अन्तर आया तथा पूर्वकाल में दक्षिण ध्रुव प्रदेश बहुत विस्तृत था और अफ्रीका, अमेरिका, भारत तथा आस्ट्रेलिया से सबद्ध था। कालान्तर में कुछ स्थल भाग आचूर्णन (crumbling) के कारण समुद्र में डूब गया। पुष्पी पादपों की उत्पत्ति जुरेसिक कल्प से पूर्व मानी गई है तथा जुरेसिक के अन्त तथा क्रिटेशियस के प्रारम्भ में तीव्र प्रवासों की सम्भावना व्यक्त की गई। टरशियरी कल्प में भी प्रवास गति अधिक रही और क्वाटरनरी के अन्त में यह गति कम हो गई। क्रोयज़ाट ने पादप प्रवास के तीन मुख्य मार्ग बतलाए जिन्हें “पुष्पी पादपों के द्वार” (Gates of Angiospermy) कहा जाता है (चित्र 11 12)। ये इस प्रकार हैं।

- 1 अफ्रीकी द्वार
- 2 पश्चिमी पोलीनेशियन द्वार
- 3 मैजेलोनियन द्वार

इसके अतिरिक्त अफ्रीका, रूस और अमेरिका को प्रवास के ग्रीष्म केन्द्र भी माना जाता है।

पादप प्रवासन और बाधक पादपों तत्वों (Floristic elements) के एक क्षेत्र से दूसरे क्षेत्र में जाने की क्रिया को पादप प्रवासन (Plant migration) कहते हैं। जैसे-जैसे पृथक प्रवासन के बीच की दूरी बढ़ती जाती है वैसे-वैसे उनके पादप सगठन में भी भिन्नता आती जाती है। पादप प्रवासन पौधों के प्रकीर्णन अगो जैसे बीज, फल, हायस्पोर आदि द्वारा होता है तथा नये क्षेत्र में इन प्रकीर्णन अगो के सफल आस्थापन पर पूर्ण होता है। कई ऐसे प्राकृतिक बाधक (Barriers) भी हैं जो इस वितरण में बाधा पहुँचाते हैं। सफल प्रवासन कई कारकों पर निर्भर करता है जो प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से पादप वितरण को अत्यधिक प्रभावित करते हैं। इनमें मुख्य निम्न प्रकार से हैं।



चित्र 11.12 क्रोवजाट के अनुसार प्रवास मार्ग और पुष्पी पीछों के द्वार ।

अ, ब -- अफ्रीकी द्वार, स, द -- योसीनेशियन द्वार,

क -- मैजेलेनियन द्वार ।

- 1 वायु की आद्रता, वायु की दिशा, जल की धारा जल की लवणता, भूआकृति आदि ।
- 2 चरने वाले पशुओं (Grazers) के सुदूर या आसपास के स्थलों से सतत आवागमन के दौरान अपनी ब्राह्म त्वचा तथा अपने शोबर के माध्यम से बीजों के वितरण को प्रभावित करते हैं ।
- 3 प्रवासित पक्षियों के माध्यम से भी बीज जो उसके पैरों में लगे कीचड़ से सलग्न होकर एक स्थान से दूसरे स्थान तक स्थानांतरित हो जाते हैं ।
- 4 मानव द्वारा उपयोगी बीज भण्डार व वितरण के साथ कभी-कभी अनजाने ही अन्य खरपतवारों के बीज भी अन्य स्थानों पर स्थानांतरित हो जाते हैं या उपयोगी पादपों के वृक्षारोपण द्वारा भी बीज वितरण प्रभावित होता है ।

कई अनुपयुक्त पर्यावरणीय कारकों के कारण सभी प्रवासित बीजों का या हायस्पोर का सफल आस्थापन नहीं हो पाता है जैसे मृदाय pH, हानिकारक कीटों की उपस्थिति, सहभोजियों या परागण के लिए आवश्यक जीवों की अनुपस्थिति, पुष्पन व बीज उत्पादन के लिये आवश्यक दीप्ति कालिता का अभाव इत्यादि सफल प्रवासन तथा आस्थापन में बाधक का कार्य करते हैं । वृहद् स्तर पर प्रवासन के लिए उत्पत्ति केन्द्र तथा वितरण क्षेत्र के बीच बाधक का न होना एक आदर्श स्थिति होती है । इन बाधकों की उपस्थिति से

कुछ पौधों का वितरण सीमित क्षेत्र में ही सिमट कर रह जाता है जिसे असातत्यता कहा जाता है। कई ऐसे कारक भी हैं जो पादप वितरण को उत्प्रेरित करते हैं जैसे जाति का जनसंख्या दबाव, खाद्यान्नों का अभाव, उपयुक्त होमियोस्टेसिस (Homeostasis) की कमी, नये उपयुक्त अनुकूल आदि।

प्रवासन के लिए मुख्यतः : चार प्रकार के बाधक हैं।

1. **भूमि विशेषताएँ (Land features):** ऊँची पर्वत श्रृंखलाएँ, गहरी खाईयाँ, विस्तृत शुष्क मरुस्थल, शुष्क भूमि की उपस्थिति, उपयुक्त मृदा की अनुपस्थिति, लवणीय मृदा, उसर भूमि की उपस्थिति इत्यादि।
2. **समुद्र (Ocean):** यह एक प्रमुख बाधक तत्व है। जिसके कारण द्वीप समूह के पादप प्रवासन नहीं कर पाते हैं तथा वहाँ के अधिसंख्य पादप विशेष क्षेत्री श्रेणी में आ जाते हैं।
3. **जलवायवीय बाधक (Climatic barriers):** विकास क्रम में किसी वर्गक (Taxa) का जीवन चक्र तथा वितरण क्षेत्र मुख्यतः जलवायवीय कारकों द्वारा नियंत्रित होता है। प्रत्येक जाति जलवायु सम्बन्धी कारकों की एक निश्चित सीमा में ही अपना अस्तित्व बनाए रख सकती है और सफलता पूर्वक प्रजनन कर सकती है। किसी भी प्रदेश में इन कारकों के माध्य की अपेक्षा उनकी उत्कट सीमाओं का अधिक महत्व होता है। कुछ जातियाँ अपनी दीप्ति कालिता (Photo periodism) तथा ताप कालिता (Thermoperiodism) के प्रति एकदम निश्चित होती हैं। आवश्यक ताप व प्रकाश के अभाव में इनका पुष्पन तथा फलन प्रभावित होता है हालांकि इन परिस्थितियों में वह अच्छी कार्यात्मक वृद्धि तो कर सकती हैं। इसके अतिरिक्त भी पौधों की अनेक कार्यात्मक क्रियाएँ प्रभावित होती हैं।
4. **जैविक बल (Biotic forces):** कई तरह के जैविक बल भी प्रवासित डायस्पोर के अकुरण, आस्थापन आदि में बाधक का कार्य करते हैं। कई प्राकृतिक समुदाय जैसे वन आदि इतने घन होते हैं कि नवागन्तुक प्रवासित प्रजातियों या जातियों को अपने क्षेत्र में अकुरित, आस्थापन, वृद्धि तथा प्रजनन नहीं करने देती हैं। सहभोजियों के अभाव में भी वितरण प्रवाहित होता है। सुगन्धित (Aromatic) पत्तियों के अपघटन से भी ऐसे रसायन निकलते हैं जो बहुत से पादपों की वृद्धि को प्रभावित करते हैं। एण्टीबायोटिस मुख्यतः सूक्ष्म जीवों के लिए प्रयुक्त किया जाता है — जैसे कवक पेनिसिलियम द्वारा स्थापित एण्टी बायोटिस बहुत से जीवाणुओं की वृद्धि को रोकता है। वास्तव में विश्व स्तर पर प्रवास के बल, पादपों का विकास तथा बाधक तत्वों के मध्य एक सतत अन्योनःक्रिया चलती रहती है।

खण्ड (स) जैव सांख्यिकी (Bio-Statistics)

अध्याय : 12

सांख्यिकी : अर्थ, उद्देश्य, कार्य क्षेत्र व जैवसांख्यिकी (Statistics : Meaning, Object, Scope & Biostatistics)

परिचय : आधुनिक युग में मानव के बहुमुखी विकास में सख्याओं का महत्व सर्वोपरि रहा है चाहे विकास राजनैतिक, आर्थिक, सामाजिक या वैज्ञानिक किसी भी क्षेत्र का हो। आज के युग में मानव हर क्षेत्र में अधिकतर सख्याओं के रूप में ज्ञान अर्जित करता है। क्योंकि हर बात स्मरण रखना मानव शक्ति से परे है चाहे वह कितनी ही तीव्र बुद्धि वाला क्यों न हो। इस कठिनाई का निराकरण मानव ने सख्याओं द्वारा किया और विकास के प्रत्येक क्षेत्र में इनका सम्पूर्ण प्रयोग किया जिससे मानव ज्ञान के विकास व समस्याओं का विश्लेषण समाधान एवम् समन्वय होता रहे। इन्हीं सख्यात्मक रीतियों की सहायता से ही मानव अनेक विवेकपूर्ण निर्णय लेता है। सख्याओं के आधार पर ज्ञान को स्पष्ट एवं निश्चयात्मक रूप से व्यक्त किया जा सकता है।

अकात्मक सूचना के अभाव में महत्वपूर्ण वैज्ञानिक अनुसंधान और आर्थिक नियोजन की कल्पना भी असंभव है। मानव की अंतरिक्ष यात्राएँ व अपोलो 11 के द्वारा चन्द्र विजय निःसंदेह बीसवीं शताब्दी की महत्वपूर्ण वैज्ञानिक उपलब्धियाँ हैं जो कि सांख्यिकी की गणना (Statistical Calculations) पर ही आधारित थी।

विज्ञान की वह शाखा जिसके अन्तर्गत समको (Data) का संग्रहण, संगठन, निर्वचन, वैज्ञानिक विश्लेषण व तर्कपूर्ण निष्कर्ष निकाले जाते हैं को सांख्यिकी विज्ञान कहते हैं। सांख्यिकी में प्रयुक्त की जाने वाली सख्याओं को सांख्यिकीय सामग्री या समक (Statistical Data) कहते हैं।

परिभाषाएँ : 'Statistics' शब्द का प्रयोग सर्वप्रथम सन् 1749 ई० में जर्मन विद्वान एकनवॉल ने किया था और उन्हें आधुनिक सांख्यिकी का जन्मदाता (Father of Modern Statistics) कहा जाता है।

एकनवॉल ने सांख्यिकी को एक अक समूह मानते हुए कहा कि " समक किसी भी राज्य से सम्बन्धित ऐतिहासिक एवम् वर्णनात्मक महत्वपूर्ण तथ्यों का सकलन है"।

डॉ बाउले ने सांख्यिकी की तीन परिभाषाएँ दी -

- (1) सांख्यिकी, सामाजिक व्यवस्था को सम्पूर्ण मानकर सभी स्वरूपों में उसका माप करने का विज्ञान है। यह परिभाषा दोषपूर्ण है क्योंकि यह सांख्यिकी का क्षेत्र मनुष्य तथा उसकी सामाजिक क्रियाओं तक ही सीमित करती है। इसमें सांख्यिकी की केवल एक रीति मापन का ही उल्लेख किया गया है।
- (2) " सांख्यिकी गणना का विज्ञान है।" इस परिभाषा में केवल गणना रीति पर ही बल दिया गया है। आगणन सांख्यिकी की एक महत्वपूर्ण रीति

है परन्तु इनका प्रयोग छोटी सख्याओं के सकलन में ही किया जा सकता है। सांख्यिकी में बड़ी सख्याओं का काफी प्रयोग होता है जिनकी गणना करना असंभव है।

- (3) 'सांख्यिकी को उचित रूप में माध्यों का विज्ञान कहा जा सकता है।' यह सत्य है कि सांख्यिकी में माध्यों का अत्यधिक महत्व है परन्तु माध्यों के अतिरिक्त कई अन्य तरीकों से जैसे कि रेखाचित्रों और आरेखों के द्वारा भी तथ्यों का प्रदर्शन व तुलना की जाती है।

बॉर्डिंगटन के मतानुसार "सांख्यिकी अनुमानों व सम्भावितताओं का विज्ञान है।"

किंग के अनुसार "सांख्यिकी एकैक गणित या सकलित आगणनों के विवेचन के परिणाम से प्राप्त सामूहिक, प्राकृतिक अथवा सामाजिक गोचर घटनाओं पर निर्णय देने की रीति का विज्ञान है।" इसका अर्थ यह है कि संग्रह किये गये तथ्यों से जो भी निष्कर्ष निकाला जाता है उसकी सत्यता अथवा शुद्धता का निर्णय किस प्रकार किया जाय, इसका हल ढूँढता है।

सेलिंगमैन के शब्दों में "सांख्यिकी जाँच के किसी क्षेत्र पर प्रकाश डालने हेतु एकत्रित किये गये सख्यात्मक तथ्यों के सकलन, वर्गीकरण, प्रस्तुतिकरण, तुलनात्मक अध्ययन तथा विवेचन सम्बन्धी रीतियों से सम्बन्धित विज्ञान है।"

उपरोक्त परिभाषाओं के विश्लेषण से यह स्पष्ट होता है कि सांख्यिकी की परिभाषा के प्रश्न पर काफी मतभेद है। विभिन्न विद्वानों ने सांख्यिकी के विभिन्न पहलुओं पर पृथक पृथक जोर देते हुए भिन्न भिन्न परिभाषाएँ दी हैं। अतः आधुनिक विचारधारा के अनुसार "सांख्यिकी उन रीतियों का समूह है जिनके द्वारा अनिश्चितता के वातावरण में विवेकपूर्ण निर्णय लिए जाते हैं।" यह परिभाषा सक्षिप्त एवम् सारगर्भित है फिर भी इसमें विभिन्न रीतियों और उन रीतियों का प्रयोग किस विशेष सामग्री पर ही होता है, इस बात का उल्लेख नहीं है। इस प्रकार बहुत सक्षिप्त न होने पर भी सांख्यिकी की परिभाषा निम्न शब्दों में दी जा सकती है -

सांख्यिकी वह विज्ञान है जिसमें किसी अनुसंधान क्षेत्र से सम्बन्धित समूहों के संग्रहण वर्गीकरण, प्रस्तुतिकरण, विश्लेषण, पूर्वानुमानों और निर्वचन की रीतियों से विवेकपूर्ण निर्णय लिए जाते हैं व उनका विधिवत् अध्ययन किया जाता है।

जैव सांख्यिकी (Bio-Statistics) :- जैव सांख्यिकी, सांख्यिकी की वह शाखा है जिसमें जैविक प्राणियों से सम्बन्धित समूहों के सकलन, गणना, विश्लेषण आदि का विधिवत् अध्ययन किया जाता है।

प्राकृतिक विज्ञानों में भी सांख्यिकीय विधियाँ बहुत उपयोगी होती हैं। भौतिकी और रसायन शास्त्र में प्रयोगों के परिणामों का विश्लेषण करने तथा उनसे समुचित नतीजे निकालने में सांख्यिकी नितान्त आवश्यक है। जीव विज्ञान में आनुवांशिकी द्वारा हस्तांतरित गुणों का विश्लेषण सहसम्बन्ध, प्रतीप गमन आदि सांख्यिकीय रीतियों के आधार पर किया जाता है। जैव सांख्यिकी का सर्वप्रथम सफलतम प्रयोग सुप्रसिद्ध आनुवांशिकी वैज्ञानिक मेण्डल

ने मटर के पौधों के साथ प्रयोगों पर आधारित आनुवांशिकी नियमों को प्रतिपादित करने में किया। सांख्यिकी की विभिन्न विधियों द्वारा कृषि जीवविज्ञान, कृषि अर्थशास्त्र, पारिस्थितिकी विज्ञान व अन्य सम्बन्धित विषयों पर किये जाने वाले प्रयोगों की रूपरेखा तथा उपलब्ध परिणामों से उचित निष्कर्ष निकाले जाते हैं, इसी कारण जीवविज्ञान का ज्ञान भी सांख्यिकी ज्ञान के बिना अपूर्ण सा माना जा सकता है।

सांख्यिकी का उद्देश्य व कार्य (Objects & Functions Of Statistics) :

सांख्यिकी का प्रमुख उद्देश्य तथ्यों और अंकों से उचित निष्कर्ष निकालना, अज्ञात की खोज करना और समस्याओं पर प्रकाश डालना है। इसी उद्देश्य हेतु समको (Data) को सकलित (Collect) कर तुलना की जाती है, निष्कर्ष निकाले जाते हैं, और कुछ करने के लिए सिफारिश की जाती है। बॉडिंगटन के अनुसार “सांख्यिकीय अन्वेषण का प्रमुख उद्देश्य भूतकालीन और वर्तमान तथ्यों की तुलना करके यह ज्ञात करना है कि जो परिवर्तन हुए हैं उनके क्या कारण रहे हैं और उनके क्या परिणाम भविष्य में हो सकते हैं।” सांख्यिकीय रीतियों के प्रयोग द्वारा ही किसी समस्या से सम्बन्धित भूतकालीन समक एकत्रित किये जा सकते हैं और वर्तमान प्रवृत्तियों से उनकी यथोचित तुलना की जा सकती है। इनके द्वारा घटनाओं में होने वाले परिवर्तनों के कारणों और उनके प्रभावों का विवेचन किया जा सकता है। सांख्यिकी के उद्देश्य तथा कार्यों को हम निम्नलिखित शब्दों में प्रकट कर सकते हैं -

- (1) तथ्यों को एक निश्चित संख्या के रूप में प्रस्तुत करना : मौखिक रूप में प्रकट किये गये तथ्यों के स्थान पर अंकों के रूप में वर्णित तथ्य अधिक शुद्ध सूचना देते हैं। उदाहरण के तौर पर यदि कहा जाए कि गत वर्ष वित्तौडगढ़ में फसल की पैदावार बहुत हुई और उसमें गेहूँ की पैदावार बहुत अच्छी हुई तो इससे कोई बात स्पष्ट नहीं होती है परन्तु यदि यह कहा जाय कि गत वर्ष फसल की पैदावार 100 हजार टन हुई और उसमें से गेहूँ का उत्पादन 30 हजार टन हुआ तो इससे स्थिति स्पष्ट होती है और उसका वास्तविक प्रभाव पड़ता है।
- (2) जटिल अंक समूह को सरल तथा सुव्यवस्थित रूप से प्रस्तुत करना : सग्रह किये हुए अंक प्रारम्भ में अव्यवस्थित रूप में होते हैं और एक दूसरे से सम्बन्धित अंक एक स्थान पर नहीं होते अतः उनसे कोई परिणाम नहीं निकाला जा सकता और न ही उन्हें ठीक प्रकार से समझा जा सकता है। जैसे कि एक बगीचे में 2000 पुष्पी पादप हैं और प्रत्येक पौधे की आयु, लम्बाई और उन पर पाये जाने वाले पुष्पों की संख्या दर्ज की जाय तो इतनी लम्बी सूची से कोई भी निष्कर्ष निकालना संभव नहीं है। सांख्यिकी का कार्य इन पादपों में आयु, लम्बाई व पुष्पों की संख्या के कुछ वर्ग बनाकर उसे अधिक समझने योग्य बना देना है। इन्हें सारणियों, रेखाचित्रों या चित्रों के द्वारा प्रस्तुत किया जा सकता है।
- (3) तथ्यों की तुलना करना :- यथार्थ रूप में रखे गये तथ्यों का तब तक कोई महत्त्व नहीं होता जब तक कि उनकी तुलना दूसरे तथ्यों से नहीं की जाय। यदि केवल

यह कहा जाय कि भारत प्रतिवर्ष 6 लाख टन मूँगफली का उत्पादन करता है तो कुछ व्यक्ति सोच सकते हैं कि भारत बहुत कम मूँगफली का उत्पादन करता है और कुछ का विचार यह हो सकता है कि यह उत्पादन बहुत काफी है। जब तक दूसरे देशों के मूँगफली उत्पादन के अंक नहीं दिये जाएँ और भारत की आवश्यकता नहीं बतायी जाए तब तक यह निष्कर्ष नहीं निकाला जा सकता है कि उत्पादन कम है या अधिक। इस उद्देश्य की पूर्ति के लिए ही सांख्यिकी, तुलना के तरीके बतलाती है। बहुत से तथ्य ऐसे होते हैं कि उन्हें तुलनात्मक रूप में प्रस्तुत करना अनिवार्य है जैसे मूल्य, उत्पादन के सूचक अंक आदि।

- (4) **सह सम्बन्ध (Correlation) बतलाना :** सांख्यिकीय रीतियों द्वारा यह जानकारी मिल जाती है कि दो या उससे अधिक प्रकार के तथ्यों में पारस्परिक सम्बन्ध है या नहीं और यदि है तो कितना। उदाहरणतः अमुक खरपतवार नाशक दवा की इतनी मात्रा में प्रयोग से फसली पादपों पर अमुक प्रभाव पड़ता है और खरपतवार समाप्त हो जाती है। इनका ज्ञान सहसम्बन्ध गुणांक द्वारा हो जाता है।
- (5) **प्रतीपगमन (Regression) :** सांख्यिकी में प्रतीपगमन के सिद्धांत को प्रतिपादित करने का श्रेय सर फ्रांसिस गाल्टन को है जिन्होंने अपने शोध लेख "Regression Towards Mediocrity in Hereditary Stature" में स्पष्ट किया कि सामान्यतः व्यक्तिगत ऊँचाईयाँ का झुकाव औसत ऊँचाई की ओर होता है। प्रतीपगमन विश्लेषण द्वारा एक चर मूल्य (स्वतन्त्र चर मूल्य) का ज्ञान होने पर दूसरे चर मूल्य (आश्रित) का पूर्वानुमान लगाया जा सकता है।
- (6) **नीति निर्धारण में सहायता करना :** वर्तमान युग में उत्पादक तथा विक्रेता का कार्य पहले से कठिन हो गया है क्योंकि एक ओर तो उपभोक्ताओं की आवश्यकताओं में तीव्र गति से परिवर्तन हो रहा है, दूसरी ओर व्यवसायिक क्षेत्र में प्रतिस्पर्धा में निरंतर वृद्धि ही रही है। अतः उत्पादक, व्यवसायी और सरकार के विभिन्न वस्तुओं की माँग और पूर्ति सम्बन्धी अंकों की जानकारी रखनी पड़ती है ताकि उनमें समन्वय स्थापित किया जा सके और विभिन्न वस्तुओं के उत्पादन अथवा उपयोग पर कर की व्यवस्था भी उचित रूप से की जा सके। अतः समक तथा सांख्यिकीय उपकरण, उद्योग, व्यापार एवं प्रशासन को विविध क्षेत्रों में नीति निर्धारण सम्बन्धी सहायता प्रदान करते हैं।
- (7) **अन्य विज्ञानों के नियमों की सत्यता का प्रमाण प्रस्तुत करना :** अनेक तथ्य ऐसे होते हैं जिन्हें हम निगमन रीति (Deductive Method) से ही मालूम कर लेते हैं परन्तु तर्क के इस युग में बहुधा उन्हें तथ्यों द्वारा सिद्ध करना पड़ता है। जैसे कि अर्यशास्त्र का यह नियम है कि प्रत्येक कुशल व्यापारी सस्ते दाम में वस्तुएँ खरीदकर उन्हें महो भाव में बेचता है, सामान्यतः मान्य है परन्तु इसे सिद्ध करने के लिए समको की मदद ली जा सकती है। अतः सांख्यिकी के द्वारा दूसरे शास्त्रों के नियमों की सहायता व्यावहारिक तथ्यों द्वारा सिद्ध की जा सकती है।

- (8) **समस्या की गहनता का अध्ययन करना** : यदि किसी देश के लिए यह कहा जाए कि वहाँ अनाज की कमी है तो इसका कोई स्पष्ट अर्थ नहीं निकलता क्योंकि कमी 2% भी हो सकती है और 20 प्रतिशत भी दोनों में अत्यधिक अन्तर है। अतः वास्तविक समको की जानकारी करना अत्यन्त महत्वपूर्ण है क्योंकि अन्न की 20 प्रतिशत कमी है तो देश की अर्थव्यवस्था के लिए गम्भीर चेतावनी है जबकि 2% की कमी चिन्ताजनक नहीं है। इस प्रकार समको द्वारा ही समस्या की गम्भीरता का अनुमान लगाया जा सकता है।
- (9) **पूर्वानुमान लगाना** : सांख्यिकीय आगणना अथवा विधियाँ वर्तमान तथा विगत कुछ वर्षों के तथ्यों के आधार पर भविष्य सम्बन्धी अनुमान लगाने में बहुत सहायता करती है। जनसंख्या, आय तथा वर्षा सम्बन्धी अनुमान बाह्य गणना (Extrapolation) द्वारा प्राप्त किये जाते हैं। इन अनुमानों से आयोजन बहुत सुविधाजनक हो जाता है।

सांख्यिकी का क्षेत्र (Scope Of Statistics) :

सांख्यिकी के क्षेत्र को दो भागों में बाँटा जा सकता है :-

- (1) सांख्यिकीय रीतियाँ (Statistical Methods)
- (2) व्यावहारिक सांख्यिकी (Applied Statistics)

— (1) **सांख्यिकीय रीतियाँ (Statistical Methods)**:- सांख्यिकी सध्यात्मक तथ्यों का प्रयोग करती है और तथ्यों का एकत्रीकरण अनुमान तथा उनसे निष्कर्ष निकालने का कार्य सरल नहीं है। प्रारम्भ में तथ्यों को संग्रह किया जाता है तथा उन्हें सुव्यवस्थित रूप में प्रस्तुत करना पड़ता है ताकि उनकी आपस में तुलना की जा सके और वह सरलता से समझ में आ सके। अतः सांख्यिकीय रीतियाँ यह है :- जिनकी सहायता से एक संग्रहण, वर्गीकरण तथा सारणीयन करके उनकी तुलना की जा सके और शुद्ध परिणाम निकाले जा सके।

सांख्यिकीय रीतियों को निम्नलिखित भागों में बाँटा जा सकता है :-

- (i) **अंक संग्रहण (Data Collection)** :- इनके अन्तर्गत उन नियमों का प्रयोग आता है जो अकों के संग्रहण से सम्बन्धित है।
- (ii) **प्रबन्ध (Organisation)** :- जब अकों का संग्रहण पूर्ण हो जाता है तो उन्हें सुव्यवस्थित करना आवश्यक हो जाता है व इसके लिए निम्न प्रक्रियाएँ प्रयुक्त की जाती हैं
- (A) **वर्गीकरण (Classification)** :- वर्गीकरण की दो रीतियाँ हैं :-
 - (i) गुणात्मक वर्गीकरण (Qualitative Classification)
 - (ii) सध्यात्मक वर्गीकरण (Quantitative Classification)
- (i) **गुणात्मक वर्गीकरण** :- जब वर्गीकरण गुणों के आधार पर किया जाता है तो उसे गुणात्मक वर्गीकरण (Qualitative Classification) कहते हैं। यह वर्गीकरण निम्न दो प्रकार का होता है :-

- (a) **द्वन्द्वभाजन वर्गीकरण (Dichotomy or Twofold Classification)** जब तथ्यों को एक गुण की उपस्थिति या अनुपस्थिति के आधार पर दो वर्गों में बाँटा जाता है तो ऐसे वर्ग विभाजन को द्वन्द्व भाजन वर्गीकरण कहते हैं।
- (b) **बहुगुण वर्गीकरण (Manifold Classification)** जब तथ्यों को दो या दो से अधिक गुणों के आधार पर विभाजित किया जाता है तो उसे बहुगुण वर्गीकरण कहते हैं।
- (b) **संख्यात्मक वर्गीकरण :-** अकों को विभिन्न वर्गों में बाँट लिया जाता है ये वर्ग आयु, भार क्षेत्र आमदनी अथवा अन्य विशेषताओं से सम्बन्धित होते हैं। समानधर्मी अक एक ही वर्ग में सम्मिलित किये जाते हैं।
- (B) **संक्षिप्तिकरण (Summary) :-** वास्तव में अकों का संक्षिप्तिकरण भी प्रबन्ध की ही एक प्रक्रिया मानी जा सकती है। अनेक अक बहुत बड़े और याद रखने में कठिनाई उत्पन्न करने वाले होते हैं। इन्हें सरल बनाने के लिए उनको हजारों, लाखों या करोड़ों में संक्षिप्त कर दिया जाता है।
- (C) **प्रस्तुतीकरण (Presentation) :-** विविध वर्गों में वर्गीकृत करने के पश्चात् प्रत्येक वर्ग से सम्बन्धित अकों को इस प्रकार प्रस्तुत किया जाता है कि वह अलग होते हुए भी परस्पर सम्बन्धित दिखसकई पड़े।
- (ii) **विश्लेषण (Analysis) :-** समकों का वर्गीकरण एवम् सारणीयन करने के बाद उनका विश्लेषण करना आवश्यक होता है। विश्लेषण करने में प्रायः विभिन्न प्रकार के माध्यों, अपरिमाण के माध्यों, विषमता के माध्यों, सहसम्बन्ध, सूचकांक आदि का प्रयोग किया जाता है।
- (iv) **निर्बचन (Interpretation) :-** व्यवस्थित रूप में प्रस्तुत अकों से निष्कर्ष पर पहुँचा जाता है। उदाहरणतः खाद्यान्न सम्बन्धी (उत्पादन, उपभोग, आयात-निर्यात आदि) अकों से यह अनुमान लगाया जाय कि देश में अन्न की कमी है या अधिकता।
- (v) **पूर्वानुमान (Forecasting) :-** कई वर्षों के अकों के आधार पर भविष्य के लिए अनुमान लगाए जाते हैं।

—(2) **व्यावहारिक सांख्यिकी (Applied Statistics) :-** सांख्यिकीय रीतियों का प्रयोग आर्थिक, सामाजिक, वैज्ञानिक अथवा अन्य क्षेत्रों में जिस प्रकार किया जाता है वह प्रक्रिया व्यावहारिक सांख्यिकी कहलाती है। व्यावहारिक सांख्यिकी को भी दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है :-

- (i) **वर्णनात्मक व्यावहारिक सांख्यिकी (Descriptive Applied Statistics)**
- (ii) **वैज्ञानिक व्यावहारिक सांख्यिकी (Scientific Applied Statistics)**

वर्णनात्मक व्यावहारिक सांख्यिकी के अन्तर्गत किसी क्षेत्र में सकलित तथ्यों का अध्ययन किया जाता है जिनका उद्देश्य विवरणात्मक सूचना प्रदान करना होता है।

वैज्ञानिक व्यावहारिक सांख्यिकी के अन्तर्गत समकों को एकत्रित कर उनका अध्ययन कुछ वैज्ञानिक नियमों के प्रतिपादन या पुष्टीकरण के लिए किया जाता है।



सांख्यिकी की प्रकृति (Nature of Statistics) :- सांख्यिकी की दो हरी प्रकृति (Dual Nature) है क्योंकि इसमें विज्ञान व कला दोनों के ही गुण विद्यमान हैं। विज्ञान, ज्ञान की उस शाखा को कहते हैं जिसमें निम्नलिखित लक्षण होते हैं :-

- (1) विज्ञान ज्ञान का क्रमबद्ध समूह है।
- (2) वह कारण और परिणाम के सम्बन्धों का विश्लेषण करता है।
- (3) उसकी विधियाँ तथा नियम सार्वभौमिक होते हैं।
- (4) उसमें पूर्वानुमान की क्षमता होती है।

उपरोक्त सभी लक्षण सांख्यिकी में भी पाये जाते हैं अतः सांख्यिकी को विज्ञान कहना सर्वथा उचित है।

वैज्ञानिक विधि के चार पद होते हैं :-

- (1) अवलोकन (Observation)
- (2) परिकल्पना (Hypothesis)
- (3) पूर्वानुमान (Prediction)
- (4) परीक्षण (Verification)

इन चारों पदों में सांख्यिकीय विधियों व प्रक्रियाओं का पर्याप्त प्रयोग होता है।

विज्ञान यदि ज्ञान है तो कला क्रिया है। 'कला' के निम्न लक्षण होते हैं :-

- (1) कला उन क्रियाओं का समूह है। जिनके द्वारा किसी समस्या का हल किया जाता है।
- (2) कला तथ्यों का वर्णन ही नहीं करती है बल्कि सच्यों को प्राप्त करने के उपाय भी बतलाती है।
- (3) कला की साधना में विशेष चतुराई, अनुभव तथा आत्म-सम्यक् की आवश्यकता होती है।

सांख्यिकी में इस बात का भी अध्ययन किया जाता है कि विभिन्न समस्याओं का समाधान करने में सांख्यिकीय रीतियों और नियमों का किस प्रकार प्रयोग किया जाय। इन रीतियों का उचित प्रयोग करने के लिए विशेष योग्यता तथा आत्मसम्यक् की आवश्यकता होती है। अन्यथा भ्रमात्मक और पक्षपात पूर्ण निष्कर्ष निकलते हैं। अतः सांख्यिकी कला भी है।

टिप्पेट के शब्दों में "सांख्यिकी विज्ञान तथा कला दोनों है"। यह विज्ञान है क्योंकि इसकी रीतियाँ भौतिक रूप में व्यवस्थित हैं और उनका सर्वत्र प्रयोग होता है, और यह एक कला है, क्योंकि इसकी रीतियों का सफल प्रयोग पर्याप्त सीमा तक सांख्यिकी की योग्यता व विशेष अनुभव तथा उसके प्रयोग क्षेत्र पर निर्भर होता है।

समकों की विशेषताएँ (Characteristics of Statistics) समकों की विशेषताएँ निम्नानुसार हैं :-

की

- (1) **संख्याओं के रूप में प्रस्तुत (Expressed In Numbers):-** तथ्यों का प्रत्यक्ष रूप में अंकों में वर्णन करने पर ही उन्हें सांख्यिकी के क्षेत्र में माना जाता है। जैसे कि वर्ष 1990 में खाद्यान्न की उपज 1200 लाख टन हुई जबकि 1980 में 1120 लाख टन ही हुई थी।
- (2) **यथस्थित संकलन (Planned Collection of Data) :-** समको को एक निश्चित योजनानुसार सुव्यवस्थित तरीके व विधि द्वारा एकत्रित किया जाना चाहिए। जैसे विभिन्न फसलों में उगने वाली अलग अलग प्रजातियों की उपज से सम्बन्धित समक एकत्र करके औसत उपज ज्ञात की जा सकती है और उनकी आपस में तुलना की जा सकती है और सर्वाधिक उपज देने वाली प्रजाति को किसी विशेष क्षेत्र में उगाने के लिए अनुशंसा (Recommend) की जा सकती है।
- (3) **तथ्यों का समूह (Aggregates of Facts) :-** एक अकेला अंक अथवा तथ्य भी समक नहीं माना जा सकता। व्यवस्थित अंकों के समूह को समक कहते हैं जैसे अनेक प्रजातियों की उपज सम्बन्धित तथ्य समक कहलाते हैं।
- (4) **गणना या अनुमान (Enumerated or estimated)** आकड़ों का सकलन गणना व अनुमान द्वारा किया जा सकता है। सीमित क्षेत्र में गणना विधि से शुद्ध तथ्य प्राप्त होते हैं जैसे कि अनुसंधान क्षेत्र में और विस्तृत क्षेत्र में अधिकांशतः अनुमान विधि का प्रयोग किया जाता है।
- (5) **यथोचित शुद्धता (Reasonable Standard Of Accuracy) :-** प्रत्येक जाच में परिशुद्धता अलग अलग स्तर की हो सकती है किन्तु समको के सकलन में शुद्धता की यथोचित मात्रा आवश्यक रूप से होनी चाहिए।
- (6) **पूर्व निश्चित उद्देश्य (Predetermined Purpose) :-** आंकड़े एकत्र करने से पहले उसका उद्देश्य निश्चित व सुस्पष्ट होना चाहिए अन्यथा बहुत अनावश्यक तथ्यों का संग्रहण हो सकता है अथवा कुछ आवश्यक तथ्य संग्रह होने से छूट सकते हैं।
- (7) **एक दूसरे से सम्बन्धित (Placed In Relation To Each Other) :-** समको का प्रस्तुतिकरण इस प्रकार होना चाहिए कि उनकी परस्पर तुलना की जा सके जैसे कि एक क्यारी में पौधों की ऊँचाई व पत्तों की संख्या तुलनात्मक नहीं है। समान वस्तुओं की तुलना समान वस्तुओं से ही की जा सकती है। अतः तुलना करने के लिए समक सजातीय (Homogenous) होने चाहिए जैसे कि दो क्यारियों के पौधों की ऊँचाई या पौधों की संख्या आदि।
- (8) **अनेक कारणों से प्रभावित (Affected By Multiple Causes) :-** अधिकांशतः अनेक तथ्यों पर कई कारणों का प्रभाव एक साथ पड़ता है। उदाहरणार्थ कृषि उत्पादन पर जलवायु, मौसम, वर्षा, सिंचाई, खाद, बीज और कृषि प्रक्रियाओं आदि सभी कारकों का प्रभाव एक साथ होता है और समक प्रभावित होते हैं जैसे कि 1980 में भारत में चीनी का उत्पादन 52 लाख टन हुआ जबकि 1978 में 35 लाख टन ही, यह किसी एक कारण से ही नहीं हुआ वरन् कई कारणों का एक साथ प्रभाव पड़ा होगा। वर्षा अच्छी हुई होगी, बीज अच्छा प्रयुक्त किया होगा, खाद की समुचित मात्रा का प्रयोग किया गया होगा आदि।

सांख्यिकी की सीमाएँ (Limitations of Statistics) :

यद्यपि प्रत्येक वैज्ञानिक अध्ययन व अनुसंधान में सांख्यिकी का उपयोग नितांत आवश्यक है परन्तु इसका कार्यक्षेत्र कुछ सीमाओं में बंधा हुआ है, जिनका अतिक्रमण नहीं किया जा सकता है ।

- (i) सांख्यिकी विधियाँ उन्हीं सनको पर प्रयोग में लाई जा सकती हैं जिन्हें सख्याओं द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है अर्थात् इनका गुणात्मक तथ्यों पर उपयोग नहीं किया जा सकता ।
- (ii) यह समूह से सम्बन्धित है, इकाई से नहीं ।
- (iii) सांख्यिकीय निष्कर्ष सन्निकट है, यथार्थ नहीं है, अर्थात् वे औसत रूप से ही सत्य होते हैं ।
- (iv) सख्याओं का गलत प्रयोग करके भ्रमात्मक निष्कर्ष निकल आते हैं ।
- (v) इसका आसानी से गलत उपयोग किया जा सकता है ।
- (vi) सांख्यिकीय तथ्यों का सजातीय होना आवश्यक है ।
- (vii) सांख्यिकी साधन प्रस्तुत करती है, समाधान नहीं ।
- (viii) सांख्यिकी निष्कर्ष सदैव सदेह से परे नहीं होते ।
- (ix) सांख्यिकी समस्याओं एवं सम्बन्धों के सभी पहलुओं पर प्रकाश नहीं डालती है ।

अभ्यासार्थ प्रश्न

- (1) सांख्यिकी किसे कहते हैं ? इसकी सीमाओं का विवेचन कीजिए ।
- (2) सांख्यिकी की परिभाषा दीजिए और सांख्यिकी की सहायता के महत्व को समझाइए ।
- (3) अपने स्वयं की सरल भाषा में सांख्यिकी की परिभाषा दीजिए और उसकी परिसीमाएँ बताईए ।
- (4) सांख्यिकी विज्ञान के क्षेत्र एवं परिसीमाओं की विवेचना करिए ।
- (5) निम्नलिखित का वर्णन कीजिए ।
 - (a) सांख्यिकी के कार्य तथा महत्व ।
 - (b) सांख्यिकी की परिसीमाएँ ।
- (6) विभिन्न क्षेत्रों की समस्याओं की व्यावहारिक आवश्यकताओं से सांख्यिकी का उदय हुआ और ऐसी समस्याओं के विश्लेषण में ही इसका उपयोग निहित है । उचित उदाहरण देते हुए विवेचना करिए ।
- (7) निम्न पर टिप्पणियाँ लिखिए :
 - (i) सांख्यिकी रीतियाँ । (ii) सांख्यिकी की प्रकृति ।
 - (iii) व्यावहारिक सांख्यिकी । (iv) समको की विनोदताएँ ।
 - (v) सांख्यिकी के उद्देश्य ।

केन्द्रीय प्रवृत्ति के माप (Measures of Central Tendency)

मानव मस्तिष्क में जटिल समको को पूर्ण रूप से समझने तथा उनकी तुलना करने का सामर्थ्य नहीं है। वर्गीकरण व सारणीबद्ध करके आकड़ों के विशाल परिमाण को सक्षिप्त करके आवृत्ति बटन के रूप में व्यक्त किया जाता है जिससे वे सरल और बुद्धिगम्य हो सकें। परन्तु ये विधियाँ सांख्यिकीय विश्लेषण की केवल प्रारम्भिक अवस्थाएँ हैं जिनसे समकमाला की सनस्त विशेषताएँ परिलक्षित नहीं होती हैं। "संख्यात्मक तथ्यों के विशाल समूह को पूर्ण रूप से समझने की मानव मस्तिष्क में अन्तर्निहित असमर्थता, हमें ऐसे अपेक्षाकृत सक्षिप्त स्थिर माप उपलब्ध करने को विवश करती है जो समको की पर्याप्त रूप से व्याख्या कर सकें (रोनाल्ड फिशर)"। समको के लक्षणों के कम से कम अंको में सारांश रूप में प्रकट करने हेतु सांख्यिकी के केन्द्रीय प्रवृत्ति के माप (Measures of Central Tendency) या सांख्यिकीय माध्यों (Statistical Averages) का परिकलन (computation) किया जाता है।

केन्द्रीय प्रवृत्ति का अर्थ (Meaning of Central Tendency)

प्रत्येक समक माला में एक ऐसा बिन्दु होता है जिसके आस पास अन्य समको के केन्द्रित होने की प्रवृत्ति पाई जाती है। यह मूल्य समक श्रेणी के लगभग केन्द्र में स्थित होता है। और उस श्रेणी के महत्वपूर्ण लक्षणों का प्रतिनिधित्व करता है।

सांख्यिकी में ऐसी संख्याएँ जो सम्पूर्ण समक श्रेणी की प्रवृत्ति को सरल व साधारण रूप में दर्शाती हैं एवं जिनके इर्द गिर्द श्रेणी के अधिकांश पद एकत्र होते हैं केन्द्रीय प्रवृत्ति के माप या माध्य (Averages) कहलाते हैं।

क्रुस्तोन व काउडेन के मतानुसार "माध्य, समको के विस्तार के अन्तर्गत स्थित एक ऐसा मूल्य है जिसका प्रयोग श्रेणी के सभी मूल्यों का प्रतिनिधित्व करने के लिए किया जाता है। समक माला के विस्तार के मध्य स्थित होने के कारण "माध्य" को केन्द्रीय प्रवृत्ति का माप भी कहा जाता है।"

सांख्यिकी में माध्यों का मूलभूत महत्व है। वस्तुतः सांख्यिकीय विश्लेषण की अन्य बहुत सी रीतियाँ, माध्यों पर ही आधारित हैं। इसी कारण डॉ० बाउले ने सांख्यिकी को "माध्यों का विज्ञान" (Science of Averages) कहा है।

केन्द्रीय प्रवृत्ति के मापों के उद्देश्य व कार्य (Objects and functions of Measures of Central Tendency)

- (i) संक्षिप्त चित्र प्रस्तुतीकरण (To present Brief picture)-- माध्यों द्वारा जटिल और अव्यवस्थित समको की मुख्य विशेषताओं का सरल, स्पष्ट व संक्षिप्त

चित्र प्रस्तुत किया जाता है ताकि उन्हें समझने और याद रखने में कोई दिक्कत न हो। जैसे कि किसी एक बगीचे में पिटुनिया के सौ पादपों पर पाये जाने वाले पुष्पों की संख्या को अलग-अलग याद रखना संभव नहीं है किन्तु उनके औसत प्रति पादप पुष्पों की संख्या सुगमता से समझी व याद रखी जा सकती है।

- (2) तुलनात्मक अध्ययन की सुविधा प्रदान करना (To facilitate comparative study)-- माध्यों की सहायता से दो या अधिक समूहों की तुलना सरलता से की जा सकती है। जैसे कि दो कृषकों की कृषि उपज की तुलना या दो प्रदेशों (असम व बंगाल) में चाय उत्पादन की तुलना की जा सकती है।
- (3) सम्पूर्ण समूह का प्रतिनिधित्व करना (To represent the entire group)-- माध्यों की सहायता से ही प्रतिदर्श (sample) के अध्ययन के आधार पर समग्र या समूह के बारे में निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं।
- (4) सांख्यिकी विश्लेषण का आधार (Basis of statistical Analysis)-- माध्य ही सांख्यिकी विश्लेषण का आधार है।
- (5) नीति निर्धारण करना (To Guide Policy formulation)-- सांख्यिकी माध्यों से ऐसे मूल्य मालूम होते हैं जो मावी योजनाओं, क्रियाओं और नीति निर्धारित करने में उचित मार्ग दर्शन करते हैं।

आदर्श माध्य की प्रमुख विशेषताएँ

(Main Characteristics of Ideal Average)

युल व केण्डाल के मतानुसार एक आदर्श माध्य में निम्न विशेषताएँ होनी चाहिए।

- (i) स्पष्ट व स्थिर परिभाषा (clearly and rigidly defined)-- आदर्श माध्य स्पष्ट, स्थिर व निश्चित होना चाहिए।
- (ii) सभी मूल्यों पर आधारित (Based on all observations)-- एक आदर्श माध्य समक श्रेणी के सभी पदों पर आधारित होना चाहिए। अन्यथा वह पूरे समूह की प्रमुख विशेषताओं का सक्षिप्त चित्रण नहीं कर सकेगा।
- (iii) सरल व बुद्धिगम्य (easy & intelligible)-- आदर्श माध्य सरल व स्पष्ट गुणों वाला होना चाहिए जिससे उनकी प्रकृति सुगमता से समझी जा सके। आदर्श माध्य अत्यधिक गणितीय (highly mathematical) नहीं होना चाहिए।
- (iv) निर्धारण की सरलता (easy to determine) आदर्श माध्य की गणना क्रिया सरल होनी चाहिए।
- (v) प्रतिचयन के परिवर्तनों का न्यूनतम प्रभाव (least effect of fluctuations of sampling) यदि एक ही समग्र में से विभिन्न प्रतिदर्श (sample) चुनकर माध्य निकाले जाएं तो उन माध्यों में अधिक अंतर नहीं होने चाहिए। वरन् उनमें लगभग समानता होनी चाहिए।
- (vi) बीजगणितीय विवेचन (Algebraic Treatment)-- एक आदर्श माध्य में कुछ ऐसी गणितीय विशेषताएँ होनी चाहिए कि जिनसे उनका बीजगणितीय (algebraic) विवेचन सरलता से किया जा सके।

सांख्यिकीय माध्यों के प्रकार (Types of statistical Averages)

माध्य तीन प्रकार के होते हैं

- (i) **गणितीय माध्य (Mathematical Mean)**-- इनकी परिभाषा पूर्णतया गणित पर आधारित होती है। ये निम्न प्रकार के होते हैं--
- (1) समान्तर माध्य या मध्यक (Arithmetic Mean)
 - (2) गुणोत्तर माध्य (Geometric Mean)
 - (3) हरात्मक माध्य (Harmonic Mean)
 - (4) वर्गकरणी या द्विघातीय माध्य (Quadratic Mean)
- (ii) **स्थितीय माध्य (Positional Averages)**-- इनका कोई गणितीय आधार नहीं होता है। ये केवल किसी एक पद का मान ही दर्शाते हैं। कभी-कभी यह माध्य केवल निरीक्षण से ही ज्ञात हो जाते हैं।
- ये निम्न प्रकार के होते हैं।
- (1) बहुलक (Mode)
 - (2) माध्यिका या मध्यका (Median)
- (iii) **व्यापारिक माध्य (Business Averages)**-- ये माध्य प्रायः व्यापार में प्रयोग किए जाते हैं। ये निम्न प्रकार के होते हैं --
- (1) चल माध्य (Moving Average)
 - (2) प्रगामी माध्य (Progressive Average)
 - (3) सग्रहित या सामूहिक माध्य (Composite Average)

आधार		माध्य	संकेताक्षर
माध्य (Mean)	गणितीय	समान्तर माध्य	\bar{X}
		गुणोत्तर माध्य	G M
		हरात्मक माध्य	H M
		द्विघातीय माध्य	Q M
	स्थितीय	बहुलक (Mode)	Z
		मध्यका (Median)	M
	व्यापारिक	चल माध्य	
		प्रगामी माध्य	
		सग्रहित माध्य	

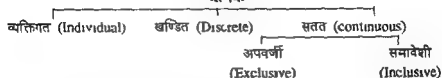
माध्यों के प्रकार

माध्यों की गणना के पहले मालाओं या श्रेणी की जानकारी होना आवश्यक है

समंक माला या श्रेणियाँ (Series):

समंक मालाएँ 3 प्रकार की होती हैं

श्रेणियाँ



व्यक्तिगत श्रेणी में व्यक्तिगत समंक दिये हुए होते हैं जैसे एक बगीचे में 100 में से 50 पौधों पर पत्तियों की संख्या निम्नानुसार है

70, 25, 55, 36, 31, 59, 42, 63, 57, 39, 45, 65, 60, 45, 47, 49, 63, 54, 53, 64, 33, 75, 65, 42, 39, 41, 82, 52, 55, 35, 64, 30, 58, 35, 61, 15, 65, 48, 42, 26, 50, 20, 52, 40, 53, 55, 45, 46, 45, 18

उपयुक्त माला एक व्यक्तिगत माला है क्योंकि इसमें प्रत्येक पौधे की व्यक्तिगत पत्तियों की संख्या दी गई है। अगर इसे आवृत्ति वितरण के रूप में, निम्न प्रकार से प्रस्तुत किया जाये तो वह खण्डित माला बन जायेगी। सर्वप्रथम इन पत्तियों की संख्या को आरोही क्रम में व्यवस्थित करके फिर खण्डित माला बनाई जावेगी।

आरोही क्रम—

15, 18, 20, 25, 26, 30, 31, 33, 35, 35, 36, 39, 39, 40, 41, 42, 42, 42, 45, 45, 45, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 52, 53, 53, 54, 55, 55, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 63, 64, 64, 65, 65, 65, 70, 75, 82

खण्डित माला

पत्तियों की संख्या	पौधों की संख्या
15	1
18	1
20	1
25	1
26	1
30	1
31	1
33	1
35	2

36	1
39	2
40	1
41	1
42	3
45	4
46	1
47	1
48	1
49	1
50	1
52	2
53	2
54	1
55	3
57	1
58	1
59	1
60	1
61	1
63	2
64	2
65	3
70	1
75	1
82	1

$N=50$

उपयुक्त खण्डित माला से 10-10 का वर्ग विस्तार लेकर हम सतत् माला (continuous series) निम्न प्रकार प्राप्त कर सकते हैं ।

पसियों की संख्या	पीछों की संख्या
(x)	(f)
0-10	0
10-20	2

26-29.45	20-30	3
30-39	30-40	8
	40-50	13
	50-60	12
	60-70	9
	70-80	2
	80-90	1

N = 50

उपयुक्त उदाहरण अपवर्गी (exclusive) सतत् माला का है हम समावेसी (inclusive) सतत् माला भी प्राप्त कर सकते हैं।

वर्गों की संख्या	वर्गों की संख्या
(x)	(f)
1-10	0
11-20	3
21-30	3
31-40	8
41-50	13
51-60	12
61-70	9
71-80	1
81-90	1

N = 50

समान्तर माध्य (Arithmetic Mean)— गणितीय माध्य में सबसे लोकप्रिय व महत्वपूर्ण समान्तर माध्य ही है, इसे सामान्य भाषा में औसत या अंक गणितीय माध्य भी कहते हैं।

परिभाषा— किसी क्र. के अंकव्यवस्थित रूप से व्यवस्थित व्यक्तियों के रखे सारों के n पदों के योगफल को n से भाग देने पर प्राप्त संख्या श्रेणी का समान्तर माध्य कहलाती है। इसे संक्षिप्त में समान्तर माध्य (A M) लिखा जाता है और प्रायः A या \bar{X} से प्रदर्शित किया जाता है।

यदि पद $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ हो, तो

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

या

$$\bar{X} = \frac{\text{पदों का योगफल}}{\text{कुल पदों की संख्या}}$$

✓ **समान्तर माध्य की गणना (Calculation of Arithmetic Mean)--**
समान्तर माध्य दो रीतियों से ज्ञात किया जाता है -

- (1) **प्रत्यक्ष विधि (Direct Method)--** इस रीति के अनुसार समस्त पदों के मूल्य का योग किया जाता है और प्राप्त मूल्य के योग में पदों की संख्या का भाग देकर समान्तर माध्य ज्ञात किया जाता है। यह विधि जब चरों की संख्या कम हो तब उपयुक्त है।

सूत्रानुसार
$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

या
$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}$$

\bar{X} = समान्तर माध्य

n = पदों की संख्या

Σ = योग

X = पद मूल्य

- (2) **सबु विधि (Short cut Method)--** इस विधि का प्रयोग उस समय किया जाता है जबकि समक श्रेणी में पदों की संख्या बहुत अधिक हो। इस रीति का प्रयोग करते वक्त निम्न प्रक्रियाएँ प्रयुक्त की जाती हैं। -

- (i) **कल्पित माध्य (A) :-** श्रेणी में से किसी भी संख्या को कल्पित माध्य (Assumed Mean) मान लेते हैं। सुविधा की दृष्टि से उस पद को कल्पित माध्य लेना उपयुक्त रहता है जो कि किसी समक माला में एक बार से अधिक आता हो

- (ii) **विचलन (dx) की गणना (Calculation of deviation)--** कल्पित माध्य से समूह के विभिन्न वास्तविक मूल्यों का विचलन बीच गणितीय चिह्न (+) या (-) को ध्यान में रखते हुए करते हैं।

- (iii) **विचलनों का योग (Σdx)** - सभी विचलनों का योग कर दिया जाता है।

- (iv) **पदों की संख्या (n) से भाग देना** - प्राप्त योग में पदों की संख्या का भाग दे दिया जाता है।

- (v) **माध्य (\bar{X}) ज्ञात करना** - विचलन योग में पदों की संख्या का भाग देने पर जो भाजनफल प्राप्त हो उसे कल्पित माध्य में जोड़कर (चिह्नानुसार) प्राप्त होने वाली संख्या समान्तर माध्य होगी। यह विधि इस तथ्य पर आधारित है कि वास्तविक समान्तर माध्य से विभिन्न पदों के विचलनों का योग शून्य होता है।

$$\text{सूत्रानुसार} = \bar{X} = A + \frac{\Sigma dX}{n}$$

$$\text{यहाँ } \bar{X} = \text{समान्तर माध्य}$$

$$A = \text{कल्पित माध्य}$$

$$\Sigma dX = \text{कल्पित माध्य से लिये गये विचलनों का योग}$$

$$n = \text{पदों की संख्या}$$

उदाहरण 1 :- एक उद्यान में पाये जाने वाले सूरजमुखी के पौधों की लम्बाई निम्नांकित है :-

सूरजमुखी के पौधे लम्बाई (cm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	150	155	140	145	145	150	160	155	165	170

प्रत्यक्ष व लघु रीति से माध्य ज्ञात करें।

प्रत्यक्ष रीति द्वारा :-

$$\text{सूत्र} \quad \bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}$$

सूरजमुखी के पौधे	लम्बाई (cm.)
A	150
B	155
C	140
D	145
E	145
F	150
G	160
H	155
I	165
J	170
N = 10	$\Sigma X = 1535$

$$\text{समान्तर माध्य} \quad \bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{1535}{10} = 153.5 \text{ cm.}$$

लघुरीति द्वारा:-

सूरजमुखी के पौधे	लम्बाई (cm.) X	कल्पित माध्य (A) 150 से विचलन	dX
A	150	150-150 = 0	00
B	155	155-150 = +05	+05

C	140	140-150 = -10	- 10
D	145	145-150 = - 05	- 05
E	145	145-150 = - 05	- 05
F	150	150-150 = 00	00
G	160	160-150 = 10	+ 10
H	155	155-150 = + 05	+ 05
I	165	165-150 = + 15	+ 15
J	170	170-150 = + 20	+20
		$\Sigma dX = + 55 - 20$	
		$= + 35$	

$$\text{सुत्र} = \bar{X} = A + \frac{\Sigma dX}{n}$$

$$\bar{X} = 150 + \frac{(+35)}{10}$$

$$\bar{X} = 150 + 3.5 = 153.5 \text{ cm}$$

उदाहरण 2 - निम्न सारणी में एक क्यारी के पिटुनिया के 12 पौधों पर पुष्पों की संख्या प्रस्तुत है। समान्तर माध्य का परिकलन अत्यक्ष से लघु रीति से कीजिए।

No of plants	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
No of flowers	4	6	8	10	14	12	16	4	6	8	12	8

SOLUTION BY DIRECT METHOD

S No	No of Flowers	
1	04	
2	06	
3	08	
4	10	
5	14	
6	12	
7	16	
8	08	$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}$
9	12	
10	04	$= \frac{108}{12}$
11	06	
12	08	$\bar{X} = 9 \text{ flowers}$
N = 12	$\Sigma X = 108$	

/ Short Cut Method : -

कल्पित माध्य $A = 10$

S. No.	No. of flowers	deviation from $A = 10$
1	4	$4-10 = -6$
2	6	$6-10 = -4$
3	8	$8-10 = -2$
4	10	$10-10 = 0$
5	14	$14-10 = +4$
6	12	$12-10 = +2$
7	16	$16-10 = +6$
8	4	$4-10 = -6$
9	6	$6-10 = -4$
10	8	$8-10 = -2$
11	12	$12-10 = +2$
12	8	$8-10 = -2$
$n = 12$		$-26 + 14$

$$\Sigma dx = -12$$

$$\begin{aligned}\bar{X} &= A + \frac{\Sigma dx}{n} \\ &= 10 + \left(\frac{-12}{12} \right) \\ &= 10 + (-1) \\ &= 10 - 1 = 9 \\ \bar{X} &= 9 \text{ Flowers}\end{aligned}$$

इस प्रकार यह स्पष्ट है कि समान्तर माध्य दोनों रीतियों द्वारा एक समान ही आता है।

✓ **खण्डित श्रेणी में समान्तर माध्य की गणना (Calculation of A. M. in Discrete Series) :--**

- (A) **प्रत्यक्ष रीति :--** खण्डित श्रेणी में कुल पदों के मूल्य का योग ज्ञात करने के लिए प्रत्येक पद (x) को उसकी आवृत्ति (f) से गुणा कर दिया जाता है। इन गुणनफलों का योग ही कुल पद मूल्यों का योग (ΣfX) होता है। इस योग में पदों की संख्या (n) का भाग देने से समान्तर माध्य प्राप्त होता है। जैसे कि

- (i) प्रत्येक मूल्य (value or size) से उसकी आवृत्ति को गुणा करते हैं (fx)
- (ii) गुणन फल का योग ज्ञात करते हैं (Σfx)
- (iii) कुल आवृत्तियों का योग ज्ञात करते हैं (Σf or n)
- (iv) गुणनफल के योग (Σfx) में कुल आवृत्तियों (n) के योग से भाग देकर समान्तर माध्य (\bar{X}) निम्न सूत्र से ज्ञात करते हैं।

$$\bar{X} = \frac{\Sigma fx}{n}$$

$$\bar{X} = \text{Arithmetic Mean}$$

$$\Sigma fx = \text{summation of } fx$$

$$n = \text{Total No. of items or frequency}$$

(B) सप्रतीति :-- गणना विधि :

- (i) किसी भी मूल्य को कल्पित माध्य (A) मान लेते हैं।
- (ii) कल्पित माध्य से वास्तविक मूल्यों के विचलन को ज्ञात करते हैं। ($dx = x - A$)
- (iii) इन विचलनों (dx) को सम्बन्धित आवृत्ति से गुणा करते हैं। ($f dx$)
- (iv) गुणनफल का योग ज्ञात करते हैं ($\Sigma f dx$)
- (v) गुणनफल के योग में कुल आवृत्तियों के योग से भाग देने पर जो भाजनफल आये उसे कल्पित माध्य में जोड़ या घटा कर समान्तर माध्य ज्ञात करते हैं।

$$\bar{X} = A + \frac{\Sigma f dx}{n}$$

$$\bar{X} = \text{समान्तर माध्य (Arithmetic Mean)}$$

$$A = \text{कल्पित माध्य (Assumed Mean)}$$

$$\Sigma f dx = \text{विचलनों व आवृत्तियों का योग}$$

(summation of product of deviation & frequency)

$$n = \text{आवृत्तियों का योग}$$

(summation of frequency)

उदाहरण :-- एक वनस्पति उद्यान में हायन्स के विभिन्न पौधों की ऊँचाई निम्न प्रकार से है। प्राप्त आकड़ों की सहायता से समान्तर माध्य दोनों रीतियों से ज्ञात करिए।

पौधों की ऊँचाई (cm)	4	6	8	10	12	14	16
पौधों की संख्या	2	5	4	3	2	1	4

Solution Direct Method

पौधों की ऊँचाई (X)	पौधों की संख्या (f)	कुल ऊँचाई (fx)
4	2	8
6	5	30
8	4	32
10	3	30
12	2	24
14	1	14
16	4	64
	$\Sigma f = 21$	$\Sigma fx = 202$

$$\bar{X} = \frac{\Sigma fx}{\Sigma f} = \frac{202}{21}$$

$$\bar{X} = 9.62 \text{ cm}$$

SHORT CUT METHOD —

S No	Height of plants (x)	No. of plants (f)	Deviation from A = 10 (X - A)	f dx
1	4	2	-6	-12
2	6	5	-4	-20
3	8	4	-2	-8
4	10	3	0	0
5	12	2	+2	+4
6	14	1	+4	+4
7	16	4	+6	+24

$$\Sigma f dx = -8$$

$$\bar{X} = A + \frac{\Sigma f dx}{n}$$

$$\bar{X} = 10 + \left(\frac{-8}{21} \right)$$

$$\bar{X} = 10 + (-0.38)$$

$$\bar{X} = 10 - 0.38 = 9.62 \text{ cm}$$

उदाहरण : — एक कृषक ने गेहूँ की विभिन्न किस्मों के पैदावार निम्नानुसार प्राप्त की। प्राप्त आँकड़ों से गेहूँ की माध्य पैदावार ज्ञात करिए।

किस्म	पैदावार / एकड़ (Quintal)	आवृत्ति
कल्याण सोना	20	10
WX	25	15
Lok - I	22	15
कोहिनूर	10	5
Raj- 911	15	10

प्रत्यक्ष विधि :-

किस्म	पैदावार / एकड़ (Quintal) (X)	आवृत्ति (f)	fx
कल्याण सोना	20	10	200
WX	25	15	375
Lok - I	22	15	330
कोहिनूर	10	5	50
Raj- 911	15	10	150
		$\Sigma f = 55$	$\Sigma fx = 1105$

$$\bar{X} = \frac{\Sigma fx}{\Sigma f}$$

$$= \frac{1105}{55}$$

$$= 20.09 \text{ Quintal}$$

समूह विधि : -

किस्म	पैदावार / एकड़ (Quintal) (X)	आवृत्ति (f)	A = 20 से विचलन dx (x-A)	विचलन × आवृत्ति f.dx
कल्याण सोना	20	10	20 - 20 = 0	0
WX	25	15	25 - 20 = + 5	+ 75
Lok - I	22	15	22 - 20 = + 2	+ 30

कोल्लिनूर	10	5	10 - 20 = -10	-50
Raj- 911	15	10	15 - 20 = -5	-50
		55		+ 105 - 100 = +5

$$\begin{aligned}\bar{X} &= A + \frac{\sum f dx}{\sum f} \\ &= 20 + \left(\frac{+5}{55} \right) \\ &= 20 + 0.09 = 20.09 \text{ Quintal}\end{aligned}$$

उदाहरण : एक राजकीय महाविद्यालय के वनस्पति उद्यान में केलेन्दुता के पीपे निम्न आयु वर्ग के अनुसार लगे हैं तो प्राप्त समको से माध्य ज्ञात करें।

पीपे की आयु (दिन)	14	15	16	17	18
पीपे की संख्या	5	8	4	2	1

Solution : प्रत्यक्ष विधि :

पीपे की आयु (X)	पीपे की संख्या (f)	fx
14	5	70
15	8	120
16	4	64
17	2	34
18	1	18

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{\sum f} = \frac{306}{20} = 15.3 \text{ days.} \quad \sum f = 20 \quad \sum fx = 306$$

सद्य विधि :-

पीपे की आयु (X)	पीपे की संख्या (f)	A = 15 से विचलन dx : (x - A)	f.dx
14	5	14-15 = -1	-5
15	8	15-15 = 0	0
16	4	16-15 = +1	+4
17	2	17-15 = +2	+4
18	1	18-15 = +3	+3
	$\sum f = 20$		+ 11 - 5 $\sum f dx = +6$

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\Sigma f dx}{\Sigma f} \\ &= 15 + \frac{+6}{20} \\ &= 15 + 0.3 = 15.3 \text{ days}\end{aligned}$$

सतत् या अविच्छिन्न या अखण्डित श्रेणी में समान्तर माध्य (Arithmetic Mean in Continuous Series) -- अखण्डित या सतत् श्रेणी में समान्तर माध्य की गणना भी उसी प्रकार से की जाती है जैसे कि खण्डित श्रेणी में, अन्तर सिर्फ इतना ही है कि सतत् श्रेणी में वर्गान्तरो के मध्य मूल्य (Mid value) निकाल कर प्रयोग में लाये जाते हैं और ऐसा करके हम उसे खण्डित श्रेणी में परिवर्तित कर लेते हैं। मध्य मूल्य ज्ञात करने हेतु वर्गान्तरो की अपर व अधर सीमाओं को जोड़कर उसमें दो का भाग दिया जाता है। यह इस मान्यता पर आधारित है कि मध्य मूल्य उस वर्ग में सम्मिलित सभी पदों का प्रतिनिधि मूल्य होता है। जैसे कि यदि (5-15) वाले वर्ग की आवृत्ति 17 है तो यह मान लिया जाता है कि 17 इकाइयों में से प्रत्येक का मूल्य 10 है जो कि 5-15 वर्ग का मध्य मूल्य है।

सतत् श्रेणी में समान्तर माध्य निम्न विधियों से ज्ञात किया जाता है।

- (i) प्रत्यक्ष रीति (Direct Method)
- (ii) लघु रीति (Short Cut Method)
- (iii) पद विचलन (step deviation)
- (iv) आकलन या योग विधि

(i) प्रत्यक्ष विधि -- पहले वर्गों के मध्य मूल्य निश्चित कर लिये जाते हैं तत्पश्चात् वही क्रिया प्रयुक्त की जाती है जो खण्डित श्रेणी में अपनाई जाती है। यह विधि असमान वर्गों वाले समूह के लिए उपयुक्त है

$$\text{सूत्र } \bar{X} = \frac{\Sigma fx}{\Sigma f}$$

$$\text{यहाँ } \bar{X} = \text{Arithmetic mean}$$

$$X = \text{mid value}$$

$$f = \text{frequency}$$

$$\Sigma f = \text{summation of frequency}$$

(ii) लघु रीति -- इस रीति के अर्वागत वर्गों के मध्य मूल्य निकालकर वही क्रिया अपनाई जाती है जो खण्डित श्रेणी में प्रयोग में ली जाती है।

- (i) किसी मध्य मूल्य (x) को कल्पित माध्य (A) मान लिया जाता है।
- (ii) उससे प्रत्येक मध्य मूल्य का विचलन (dx) ज्ञात किया जाता है।
- (iii) मध्य मूल्य के विचलन (dx) को आवृत्ति (f) से गुणा करके गुणनफलों का योग ($\Sigma f dx$) ज्ञात कर लिया जाता है। अन्त में

दूर $\bar{X} = A + \frac{\sum f dx}{\sum f}$ ने नाल रख कर समान्तर नाथ
ज्ञात कर लिया जाता है।

उदाहरण :- किन्ही बग में आम (*Mangifera indica*) के पेड़ों की ऊँचाई का
समान्तर नाथ देखो चोटियों से ज्ञात करें। समावेशी श्रेणी (Inclusive series) 125

ऊँचाई (ft) (से कम)	7	14	21	28	35	42	49	56
पेड़ों की संख्या (f)	26	57	92	134	216	287	341	360

Solution :- प्रत्यक्ष रीति :-

ऊँचाई (in feet)	मध्य मूल्य (X)	आवृत्ति (f)	मध्य मूल्य × आवृत्ति (fx)
0—7	3.5	26	91.0
7—14	10.5	57	325.5
14—21	17.5	92	612.5
21—28	24.5	134	1029.0
28—35	31.5	216	2583.0
35—42	38.5	287	2733.50
42—49	45.5	341	2457.00
49—56	52.5	360	997.50
		$\Sigma f = 360$	$\Sigma fx = 10829.0$

$$\bar{X} = \frac{\Sigma fx}{\Sigma f} = \frac{10829}{360} = 30.08 \text{ ft.}$$

$$\bar{X} = 30.08 \text{ ft.}$$

सबु रीति द्वारा :

ऊँचाई (in feet)	मध्य मूल्य (X)	आवृत्ति (f)	$X - A = (dx)$	Fdx
0—7	3.5	26	3.5 - 31.5 = -28	-728
7—14	10.5	57	10.5 - 31.5 = -21	-1197
14—21	17.5	92	17.5 - 31.5 = -14	-1288
21—28	24.5	134	24.5 - 31.5 = -7	-938
28—35	31.5	216	31.5 - 31.5 = 0	0
35—42	38.5	287	38.5 - 31.5 = +7	+2009
42—49	45.5	341	45.5 - 31.5 = +14	+4774

$$\begin{array}{rcl}
 49-56 & 52.5 & \frac{19}{\Sigma f = 360} \quad 52.5 - 31.5 = +21 \quad \frac{+399}{+1652 - 2163} \\
 & & \Sigma f dx = -511
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{X} &= A + \frac{\Sigma f dx}{\Sigma f} \\
 &= 31.5 + \left(\frac{-511}{360} \right) = 31.5 - 1.42
 \end{aligned}$$

$$\bar{X} = 30.08 \text{ ft.}$$

उदाहरण :- निम्न पुष्प वर्गों की अपवर्गी आवृत्ति वितरण श्रेणी से समान्तर माध्य ज्ञात कीजिए।

No of Flowers	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
No of Plants	10	12	20	18	10

Solution : Direct Method				SHORT CUT METHOD	
No of Flowers	Mid Value (X)	No of plants (f)	(fx)	A = 25 dX = (X-A)	f dx
0-10	5	10	50	-20	-200
10-20	15	12	180	-10	-120
20-30	25	20	500	0	0
30-40	35	18	630	+10	+180
40-50	45	10	450	+20	+200
		$\Sigma f = 70$	$\Sigma fx = 1810$	+380	-320
				$\Sigma f dx = +60$	

Direct Method

$$\begin{aligned}
 \bar{X} &= \frac{\Sigma fx}{\Sigma f} \\
 &= \frac{1810}{70} \\
 \bar{X} &= 25.86 \\
 &\text{or 26 Flowers}
 \end{aligned}$$

Short Cut Method

$$\begin{aligned}
 \bar{X} &= A + \frac{\Sigma f dx}{\Sigma f} \\
 &= 25 + \frac{60}{70} \\
 &= 25 + 0.86 \\
 \bar{X} &= 25.86 \\
 &\text{or 26 Flowers}
 \end{aligned}$$

उदाहरण :- निम्नलिखित समक माला से समान्तर माध्य ज्ञात कीजिए।

पुष्पो की संख्या	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
पौधों की संख्या	15	10	20	18	25	12

पुष्पों की संख्या (X)	पौधों की संख्या (f)	Mid Value	fx
0-10	15	5	75
10-20	10	15	150
20-30	20	25	500
30-40	18	35	630
40-50	25	45	1125
50-60	12	55	660
$\Sigma f = 100$			$\Sigma fx = 3140$

$$\bar{X} = \frac{3140}{100} = 31.40 \text{ Flowers}$$

or 31 Flowers

(iii) **पद विचलन रीति (Step Deviation Method) :-** अविच्छिन्न श्रेणी (continuous series) में दिये गये प्रश्नों चाहे श्रेणी सम्मिलित (inclusive) हो या असम्मिलित (exclusive) का समान्तर माध्य पद विचलन रीति से आसानी से व कम समय में ज्ञात किया जा सकता है। पद विचलन रीति का प्रयोग करने के लिए आवश्यक है कि श्रेणी में दिये गये प्रत्येक वर्गान्तर का वर्ग-विस्तार समान हो यदि एक भी वर्गान्तर का वर्ग विस्तार असमान हो तो इस विधि का प्रयोग करना अनुपयुक्त होता है। इस रीति से प्रश्न हल करने के लिए निम्न क्रिया अपनाई जाती है —

- (1) श्रेणी के लगभग मध्य के किसी वर्गान्तर के मध्य बिन्दु को कल्पित माध्य मान लिया जाता है। यहाँ यह जान लेना उचित होगा कि वैसे तो किसी भी मध्य बिन्दु को कल्पित माध्य माना जा सकता है परन्तु लगभग बीच वाले वर्गान्तर के मध्य बिन्दु को कल्पित माध्य मानने से गणनाएँ कम हो जाती हैं।
- (2) कल्पित माध्य को प्रत्येक वर्गान्तर के मध्यबिन्दु में से घटाते हैं। यहाँ पर बीजगणितीय चिन्हों का ध्यान आवश्यक रूप से रखा जाना चाहिए। ये संख्याएँ विचलन कहलाती हैं।
- (3) विचलन में वर्ग विस्तार का भाग देकर पद विचलन (x') प्राप्त कर लेते हैं।
- (4) प्रत्येक पद विचलन को उसकी आवृत्ति से गुणा करके गुणनफल का योग कर लेते हैं।
- (5) योग में आवृत्तियों के योग (n) का भाग देकर वर्ग विस्तार से गुणा कर लेते हैं। प्राप्त संख्या को कल्पित माध्य में बीजगणितीय चिन्ह के अनुसार जोड़ देते हैं। और समान्तर माध्य (\bar{X}) ज्ञात कर लेते हैं।

सूत्र -

$$\bar{X} = A + \left(\frac{\sum f x'}{n} \times i \right)$$

 यहाँ \bar{X} = समान्तरमाध्य

 $\sum f x'$ = पद विचलन \times आवृत्ति का योग

 i = वर्ग विस्तार

 A = कल्पित माध्य

उदाहरण :— एक वनस्पति उद्यान में विभिन्न आयु वाले पौधों की संख्या निम्न है।

पौधों की आयु	पौधों की संख्या
0 वर्ष से ऊपर	250
10 —do—	200
20 —do—	188
30 —do—	150
40 —do—	101
50 —do—	58
60 —do—	25
70 —do—	10
80 —do—	2

उद्यान के पौधों की माध्य आयु पद विचलन रीति से ज्ञात करिए।

हल : उपरोक्त तालिका के अवलोकन से पता चलता है कि यहाँ संचयी आवृत्ति (cumulative frequency) दी गई है। यह Inclusive series का उदाहरण है अतः स्पष्ट है कि सभी पौधे 0 वर्ष से ऊपर की आयु वाले हैं और कुल पौधों की संख्या 250 है। 0-10 वाले पौधे 50 हुए क्योंकि 200 पौधों की आयु 10 वर्ष से ऊपर है। अतः इसे असम्मिलित श्रेणी में परिवर्तित करके गणना की जावेगी

आयु वर्षों में (x)	आवृत्ति (f)	माध्य बिन्दु M.E.P. (x)	कल्पित माध्य से विचलन $A = 35$ ($d x$)	वर्गान्तर का माध्य	($f.d x$)
0-10	50	5	-30	-3	-150
10-20	12	15	-20	-2	-24
20-30	38	25	-10	-1	-38

30-40	49	35	0	0	0
40-50	43	45	+10	+1	+43
50-60	33	55	+20	+2	+66
60-70	15	65	+30	+3	+45
70-80	8	75	+40	+4	+32
80-90	2	85	+50	+5	+10
	<u>250</u>				<u>$\Sigma dx = -16$</u>

$$\begin{aligned}\bar{X} &= A + \left(\frac{\Sigma dx}{\Sigma} \times i \right) \\ &= 35 + \left(\frac{-16}{250} \times 10 \right) \\ &= 35 - 0.64 = 34.36 \text{ वर्ष}\end{aligned}$$

सामूहिक समान्तर माध्य : (Combined Arithmetic Mean) जब किसी समूह के दो या दो से अधिक हिस्सों के अलग-अलग समान्तर माध्य और उनके हिस्सों में पदों की संख्या ज्ञात हो तो उनकी मदद से पूरे समूह का समान्तर माध्य भी ज्ञात किया जा सकता है व इस सामूहिक समान्तर माध्य को ज्ञात करने के लिए निम्न सूत्र का प्रयोग करते हैं।

$$\text{सामूहिक माध्य} = \frac{\bar{X}_1 N_1 + \bar{X}_2 N_2 + \dots + \bar{X}_n N_n}{N_1 + N_2 + \dots + N_n}$$

यहाँ \bar{X}_1, \bar{X}_2 इत्यादि विभिन्न हिस्सों के समान्तर माध्य हैं, N_1, N_2 आदि विभिन्न हिस्सों में इकाइयों की संख्या हैं।

उदाहरण : एक कृषक के खेतों में गेहूँ के विभिन्न किस्मों की पैदावार निम्न है तो विभिन्न किस्मों की औसत पैदावार बताइये।

गेहूँ की किस्म

	RR— 21	Kohinoor	WX
माध्य पैदावार प्रति एकड़ (Q)	10	12	15
कुल खेतों की संख्या	200	250	100
हल :		Kohinoor	WX
	RR— 21	$N_2 = 250$	$N_3 = 100$
	$N_1 = 200$	$X_2 = 12$	$X_3 = 15$
	$\bar{X}_1 = 10$	250×12	15×100
	200×10		
कुल पैदावार	= 2000	= 3000	1500

तीनों क्लिष्टों का सामूहिक माध्य (Combined Average)

$$\bar{X}_{123} = \frac{\bar{X}_1 N_1 + \bar{X}_2 N_2 + \bar{X}_3 N_3}{N_1 + N_2 + N_3}$$

$$= \frac{2000 + 3000 + 1500}{200 + 250 + 100} = \frac{6500}{550}$$

∴ सामूहिक माध्य पैदावार $\bar{X}_{123} = 11.818$ Q/ एकड़

समान्तर माध्य की गणितीय विशेषताएँ :

(Mathematical properties of Arithmetic mean)

- (1) समान्तर माध्य से लिए गये विचलनों का योग सदैव शून्य होता है अर्थात् $\sum (X - \bar{X}) = 0$
- (2) समान्तर माध्य की प्रमाप विचलन (Standard error) अन्य माध्यों की अपेक्षा कम होती है।
- (3) समान्तर माध्य को पदों की संख्या से गुणा करने पर समस्त पदों के कुल मूल्य प्राप्त हो जाते हैं अर्थात् $\bar{X}N = \sum X$ । अन्य किसी माध्य में यह विशेषता नहीं होती है।
- (4) यदि \bar{X} , $\sum X$ तथा $\sum f$ या N में से कोई भी दो ज्ञात हों तो तीसरे का आकलन किया जा सकता है। किसी संख्या के अशुद्ध होने पर इसी आधार पर उसको शुद्ध किया जा सकता है। इसी कारण इसका प्रयोग कुछ सामाजिक - आर्थिक समस्याओं के अध्ययन में किया जाता है।

समान्तर माध्य के गुण (Merits of A.M.)

- (1) निश्चित संख्या : समान्तर माध्य एक निश्चित संख्या होती है जिस पर समय, स्थान तथा व्यक्ति का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। यह गुण केवल समान्तर माध्य में ही पाया जाता है।
- (2) सरल आकलन : समान्तर माध्य की गणना अत्यन्त सरल है व इसे ज्ञात करने हेतु अधिक उच्च स्तरीय गणित की आवश्यकता नहीं पड़ती।
- (3) क्रम अनावश्यक : सामान्तर माध्य ज्ञात करने के लिए समस्त तथ्यों को किसी विशेष क्रम में व्यवस्थित करने की आवश्यकता नहीं पड़ती। अतः जिस किसी रूप में प्रस्तुत हो, जोड़ कर औसत निकाला जा सकता है।
- (4) पृथक् अंक अनावश्यक : समान्तर माध्य निकालने के लिए प्रत्येक तथ्य से सम्बंधित अलग-अलग अंक उपलब्ध करने की आवश्यकता नहीं है। यदि अंकों का कुल योग व उनकी संख्या ज्ञात हो तो समान्तर माध्य ज्ञात किया जा सकता है। जैसे कि किसी देश की कुल पैदावार और कुल कृषि योग्य भूमि का ज्ञान हो तो प्रति

एकड़ पैदावार ज्ञात की जा सकती है। अलग-अलग खेतों द्वारा प्राप्त पैदावार और अलग-अलग खेतों की कृषि योग्य भूमि का ज्ञान रखने की आवश्यकता नहीं है।

- (5) **कुल सख्या का ज्ञान सम्भव :** समान्तर माध्य का एक गुण यह है कि यदि हमें औसत ज्ञात हो और पदों की सख्या का भी पता हो तो दोनों को गुणा करके कुल सख्या की सरलता से गणना की जा सकती है। उदाहरणार्थ एक खेत में 5 कृषक काम करते हैं और औसत 2 किंटल मक्का की कटाई करते हैं तो यह स्पष्ट है कि खेत से दैनिक 10 किंटल मक्का की कटाई हो रही है। यह विशेषता अन्य माध्यों में नहीं है।
- (6) **समस्त अंकों का समान महत्व :** समान्तर माध्य में प्रत्येक पद को समान महत्व दिया जाता है। जोड़ में छोटे बड़े सभी पद आ जाते हैं। और उनके कुल योग के द्वारा ही औसत का परिकलन किया जाता है जिसमें सब समकों को उनके विस्तार के अनुसार महत्व प्राप्त हो जाता है।
- (7) **भ्रमक प्रभाव :** समान्तर माध्य का यह गुण है कि अकों की अधिक सख्या होने पर बड़ी मद्दों का महत्व छोटी मद्दों द्वारा पूरा हो जाता है तथा तुलना के लिए जो औसत अंक प्राप्त होता है, वह सामान्य होता है। इस प्रकार यह माध्य न्यायदर्श के उच्चावचनो से भी अप्रभावित रहता है।
- (8) **सामूहिक समान्तर माध्य की गणना :** यदि विभिन्न समूहों के समान्तर माध्य दिये हो तो उनके आधार पर समस्त समूहों का सामूहिक समान्तर माध्य निकाला जा सकता है।
- (9) **शुद्धता :** गणितीय शुद्धता की दृष्टि से समान्तर माध्य सर्वश्रेष्ठ है। इसलिए उन्नत गणित में इनका अधिक प्रयोग किया जाता है। बीजगणित में भी इसका प्रयोग किया जा सकता है।
- (10) **सब अंकों को सम्मिलित किया जाता है :** समान्तर माध्य की गणना हेतु समक श्रेणी के सभी मद्दों को सम्मिलित किया जाता है। यदि श्रेणी का एक भी अंक उपलब्ध न हो तो समान्तर माध्य की गणना नहीं की जा सकती।
- (11) **आगे गणितीय रीतिथों में प्रयोग :** समान्तर माध्य के आकलन में किसी भी गणितीय सिद्धान्त की उपेक्षा नहीं की जाती, फलस्वरूप यह माध्य आगे गणितीय रीतियों में प्रयोग किया जा सकता है।

समान्तर माध्य के दोष (Demerits of A.M.)

समान्तर माध्य में उपरोक्त गुण के कारण इसका बहुत प्रयोग होता है, किन्तु इसमें कुछ ऐसे दोष भी होते हैं जिनके कारण इसका प्रयोग करते समय पर्याप्त सतर्कता की आवश्यकता रखने की जरूरत होती है। समान्तर माध्य के कुछ महत्वपूर्ण दोष निम्न हैं :

- (1) **दृष्टिमात्र से ज्ञान नहीं :** यदि समक माला में सख्याएँ बहुत बड़ी हैं तो केवल दृष्टि मात्र से ही समान्तर माध्य ज्ञात नहीं किया जा सकता। क्योंकि बड़ी-बड़ी सख्याएँ होने पर बहुत बड़ी जोड़ या गुणा करने की आवश्यकता पड़ती है।

- (2) **बहुत बड़े या छोटे मदों से प्रभावित :** यदि समक श्रेणी के सामान्य अकों में एक बड़ी मद आ जाये तो माध्य उससे बहुत प्रभावित हो जाता है व परिणाम अधिक सन्तोषजनक नहीं प्राप्त होते हैं। बहुत बड़े मदों की पूर्ति सिर्फ उस स्थिति में हो सकती है जबकि सख्याएँ बहुत अधिक हों। उदाहरणार्थ किसी आम के बाग में तीन वृक्षों पर क्रमशः 30, 30 व 40 आम लगे हैं और उसी बाग के चौथे वृक्ष पर 100 आम लगे हों तो उस बगीचे में औसत (आम प्रति वृक्ष) = $\frac{30 + 30 + 40 + 100}{4} = 50$ आम हुआ, जबकि तीन वृक्षों में से किसी पर भी 40 से अधिक आम नहीं है। अतः स्पष्ट है कि माध्य को इन आमों के समूह का प्रतिनिधि नहीं मान सकते और यह भी स्पष्ट है कि एक ही बड़ी सख्या समान्तर माध्य के मान को बहुत अधिक प्रभावित कर देती है।
- (3) **बड़े मदों का अधिक महत्त्व :** समान्तर माध्य बड़े मदों को अधिक महत्त्व देता है तथा छोटे मदों को कम। यदि पाँच में से चार मद छोटे हों और एक बड़ा हो तो समान्तर माध्य सदैव छोटे मदों से अधिक होगा। जबकि दूसरी ओर यदि चार मद बड़े हों तथा एक छोटा हो तो परिणाम छोटे मदों से अधिक प्रभावित नहीं होता है।
- (4) **समस्त नदों का योग आवश्यक :** समान्तर माध्य ज्ञात करने के लिए सारे मदों के योग अथवा अक अलग-अलग मालूम होने चाहिए। 1000 मदों में से यदि 995 नदों के योग अगर मालूम हों तो भी समान्तर माध्य का आकलन नहीं किया जा सकता।
- (5) **काल्पनिक संख्या :** समान्तर माध्य बहुधा ऐसी संख्या निकलती है जो सम्पूर्ण संख्या में मौजूद ही नहीं होती है। जैसे कि चार अमरुद के पेड़ों पर क्रमशः 2, 4, 6, 8 अमरुद हैं तो इनका औसत 5 हुआ और चारों अकों में से कोई अक 5 नहीं है अतः समान्तर माध्य बहुधा एक काल्पनिक संख्या होती है।
- (6) **ग्रामक :** समान्तर माध्य कभी अत्यन्त ग्रामक परिणाम प्रदर्शित करता है, जैसे कि दो कृषकों ने चार वर्षों में निम्न उत्पादन प्राप्त किये

उत्पादन किंबदन्त में

	प्रथम कृषक	द्वितीय कृषक
Ist Yr.	500	800
IInd yr.	600	700
IIIrd yr	700	600
IVth yr	800	500

दोनों कृषकों के औसत उत्पादन 650 Q है और इस प्रकार दोनों कृषकों की आर्थिक स्थिति समान है। परन्तु समको से यह स्पष्ट है कि प्रथम कृषक लगातार उन्नति कर रहा है जब कि दूसरा कृषक लगातार अवनति कर रहा है।

- (7) **हास्यास्पद परिणाम :** समान्तर माध्य द्वारा कभी-कभी अत्यन्त हास्यास्पद परिणाम निकलते हैं जैसे कि टमाटर के चार पौधों पर क्रमशः 3, 4, 5 व ६ टमाटर लगे तो प्रति पौधा औसत टमाटर 4.5 हुआ जो हास्यप्रद है क्योंकि 4.5 टमाटर भौतिक दृष्टि से संभव नहीं है। हास्य व्यंग पत्रिका 'पंच' ने अवास्तविक समान्तर माध्य का उदाहरण देते हुए व्यंग्यात्मक रूप से लिखा था प्रति व्यस्क स्त्री पर 2.2 बच्चों की संख्या कुछ बातों में विलुक्त मूर्खतापूर्ण व हास्यप्रद प्रतीत हुई और राजकीय आयोग ने यह सुझाव दिया कि मध्यम वर्गों को धन दिया जाना चाहिए। जिससे यह माध्य पूर्णांक और सुविधाजनक अंक के रूप में बढ़ाया जा सके। (Punch, Quoted by Moroney) वास्तव में दशमलव के रूप में बच्चों की संख्या या टमाटर की संख्या की कल्पना भी नहीं की जा सकती "2.2 बच्चे व 4.5 टमाटर" अवास्तविक संख्या है यह पूर्णांक में 2 या 3 बच्चे व 4 या 5 टमाटर होने चाहिए।
- (8) **अनुपयुक्तता :** अनुपात, दर व प्रतिशत आदि का अध्ययन करने के लिए यह सदा अनुपयुक्त है।
- (9) **जहाँ वर्ग के सिरे खुले हों वहाँ समान्तर माध्य ज्ञात नहीं किया जा सकता।** क्योंकि खुले सिरे होने पर मध्य बिन्दु नहीं निकाले जा सकते हैं।

मध्यका (Median)

कार्नेर के अनुसार मध्यका एक स्थिति सम्बन्धी माध्य है। यह किसी समक माला का वह मूल्य है जो कि समक माला को दो समान भागों में विभाजित करता है। मध्यका के एक ओर के घण के मदों के मान मध्यका के मान से कम और दूसरे भाग के मान मध्यका से अधिक होते हैं। दूसरे शब्दों में मध्यका आरोही (Ascending) अथवा अवरोही (Descending) क्रम में लिखे हुए विभिन्न मदों के मध्य का मूल्य होता है। डॉ० ए० एल० बाउले के शब्दों में "यदि एक समूह के मदों को उनके मूल्यों के आधार पर क्रम बद्ध किया जाये तो लगभग बीच का मूल्य ही मध्यका होता है।"

परिभाषा : किसी श्रेणी के मदों को यदि उनके मानों के अनुसार आरोही या अवरोही क्रम में लिख दिया जाए तो बीच के मद का मान उस श्रेणी की मध्यका कहलाती है तथा इसे प्रायः M संकेत से दर्शाते हैं। मध्यका ज्ञात करने के लिए निम्न सूत्र का प्रयोग किया जाता है

$$M = \text{size of } \left(\frac{N + 1}{2} \right)^{\text{th}} \text{ Item}$$

M = मध्यका (Median)

N = मदों की संख्या (No. of Items)

मध्यका की गणना . (Calculation of Median)— मध्यका की गणना हेतु सर्वप्रथम समक माला को व्यवस्थित करना पड़ता है। समको को किसी मापनीय गुण (Measurable characteristic) के आधार पर आरोही या अवरोही क्रम में व्यवस्थित कर लेते हैं। आरोही क्रम में सबसे पहले छोटे मद को और उसके बाद में उससे बड़े को इसी क्रम में दोहराते हुए अन्त में सबसे बड़े मद को लिखते हैं जबकि इसके विपरीत अवरोही

क्रम में सर्वप्रथम सबसे बड़े समक और अन्त में सबसे छोटे समक को लिखते हैं। फिर सूत्र के आधार पर मध्यका की गणना की जाती है। जैसे कि एक क्यारी में डेल्फिनियम (Delphinium) के पौधों की ऊँचाई 10, 20, 15, 12, 18, 20 cm है तो इसका मध्यका ज्ञात करने हेतु सर्वप्रथम इन समकों को आरोही या अवरोही क्रम में व्यवस्थित कर लेते हैं।

आरोही	अवरोही
10 cm	20 cm
12 cm	18 cm
15 cm	15 cm
18 cm	12 cm
20 cm	10 cm

$$\text{सूत्र} \quad M = \text{size of} \left(\frac{N + 1}{2} \right)^{\text{th}} \text{Item}$$

$$\frac{5 + 1}{2} = \frac{6}{2} = 3^{\text{rd}} \text{Item}$$

दोनों ही क्रम में निरीक्षण करने पर हम पाते हैं कि तीसरे मद का मान 15 cm. है और यह ही इस श्रेणी की मध्यका हुई।

यहाँ यह स्मरण रखने योग्य है कि मध्यका श्रेणी या आवृत्ति वितरण के माध्य पद का मूल्य है, यह स्वयं मध्यका नहीं है।

मध्यका की गणना विधि : (Calculation Method for Median)

(1) व्यक्तिगत श्रेणी (Individual series) : व्यक्तिगत मूल्यों का मध्यका ज्ञात करने के लिए निम्न प्रक्रियाएँ प्रयुक्त की जाती हैं।

(i) आरोही या अवरोही क्रम में व्यवस्थित करना।

(ii) $\frac{N + 1}{2}$ सूत्र के प्रयोग से मध्यका ज्ञात करना।

उदाहरण : एक बगीचे के 15 आम के पेड़ों की ऊँचाई (cm) निम्न है :--

58, 67, 59, 65, 63, 60, 62, 66, 64, 63, 68, 62, 60, 68, 69,

मध्यका ऊँचाई ज्ञात कीजिये।

हल : बगीचे के आम के पेड़ों की ऊँचाई को आरोही क्रम में अनुविन्यासित (array) करने से निम्न तालिका बनती है।

S. No.	Height (in cm)	S No.	Height (cm)
1	58	9	64
2	59	10	65

3	60	11	66
4	60	12	67
5	62	13	68
6	62	14	68
7	63	15	69
8	63		

इसीके के सभी पेड़ों को यदि ऊँचाई के अनुसार एक पंक्ति में अनुविन्यासित किया जाए तो अनुविन्यास उपरोक्त तालिका के अनुसार होगा। सूत्र के अनुसार

$$M = \frac{N + 1}{2} = \frac{15 + 1}{2} = 8\text{th item}$$

8th पेड़ की ऊँचाई 63 cm है।

सम संख्याओं में मध्यका ज्ञात करना (To find Median in series having even items) : उपरोक्त उदाहरण में संख्या विषम थी अतः मध्यका संख्या (Median No) ज्ञात हो जाती है और उस क्रम संख्या का मूल्य ही मध्यका है किन्तु जब व्यक्तिगत इकाईयों की संख्या सम (Even) अर्थात् 2 से विभाज्य होती है जैसे कि 8, 10, 12 आदि तो सूत्र द्वारा ज्ञात केन्द्रीय क्रम संख्या पूर्णांक नहीं होकर क्रमशः 4.5, 5.5, 6.5 आदि होती है। ऐसी क्रम संख्या का मूल्य निश्चित करने के लिए उसके दोनों ओर की दो पूर्ण क्रम संख्याओं के मूल्यों को जोड़कर 2 से भाग दिया जाता है। वही मध्यका का मूल्य होता है।

$$\text{जैसे कि size of 4.5th Item} = \frac{\text{size of 4th Item} + \text{5th Item}}{2}$$

सम संख्या होने पर सूत्र को निम्न प्रकार भी लिखा जाता है।

$$M = \frac{N + 1}{2} \text{ Item}$$

$$M = \text{मध्यका}$$

$$N = \text{संख्या की संख्या}$$

उदाहरण : एक उद्यान में *Antirrhinum majus* के 10 पौधों पर 5, 7, 6, 9, 8, 6, 3, 5, 8, 6 पुष्प लगे हों तो पुष्पों की मध्यका संख्या ज्ञात कीजिए :

Solution :-

आरोही क्रम में विन्यासित करने पर

क्र० सं०	सद मूल्य	क्र० सं०	सद मूल्य
1	3	6	8
2	5	7	7

3	5	8	8
4	6	9	8
5	6	10	9

$$\begin{aligned} \text{मध्यका} &= \text{Value of } \left(\frac{N+1}{2} \right)^{\text{th}} \text{ item} \\ &= \frac{10+1}{2} = \frac{11}{2} = 5.5 \text{th Item} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Value of 5.5 th item} &= \frac{\text{Value of 5th item} + \text{Value of 6th item}}{2} \\ &= \frac{6+6}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ पुष्प} \end{aligned}$$

खण्डित श्रेणी में मध्यका ज्ञात करना (To Calculate Median from Discrete series) : खण्डित श्रेणी में मध्यका ज्ञात करने हेतु निम्न प्रक्रिया अपनाई जाती है :

- (1) मद मूल्यों (size) को आरोही या अवरोही क्रम में व्यवस्थित करना ।
- (2) समक माला में दी गई आवृत्तियों की संचयी आवृत्ति (Cumulative frequency) निकालना ।
- (3) मध्यका ज्ञात करने के लिए सूत्र $\left(\frac{N+1}{2} \right)$ की सहायता ली जाती है । यहाँ N का अर्थ आवृत्तियों की कुल संख्या से है ।
- (4) मध्यका मद को संचयी आवृत्ति (Cumulative frequency) में देखते हैं । मध्यका मद जिस संचयी आवृत्ति में आता है उसके सामने वाला पद मूल्य ही मध्यका कहलाता है ।

उदाहरण : एक उद्यान में *Lathyrus* के विभिन्न पौधों की ऊँचाई निम्न है तो उनकी मध्यका ऊँचाई ज्ञात करो ।

पौधों की ऊँचाई (cm)	4	6	8	10	12	14	16
पौधों की संख्या	2	4	5	3	2	1	4

Solution :-

S. No.	Height of Plants (cm.) (X)	No. of plants (f)	Cumulative frequency (C. f)
1	4	2	2
2	6	4	6
3	8	5	11

4	10	3	14
5	12	2	16
6	14	1	17
7	16	4	21

$$M = \left(\frac{N + 1}{2} \right)^{\text{th}} \text{ item}$$

$$= \frac{21 + 1}{2} = \frac{22}{2} = 11^{\text{th}} \text{ Item} = 8 \text{ cm}$$

उपरोक्त सारणी में सचयी आवृत्तियों को देखने पर ज्ञात होता है कि 6th इकाई तक ऊँचाई 4-6 cm है। 7th - 11th इकाई तक ऊँचाई 8 cm अतः इस समक माला की मध्यका ऊँचाई 8 cm है।

उदाहरण : एक वनस्पति उद्यान में *Chrysanthemum* के विभिन्न पादपों पर पुष्पों की संख्या निम्न है -

पुष्पों की संख्या	8	10	12	14	16	18	20
पौधों की संख्या	3	7	12	28	10	9	6

मध्यका ज्ञात करिए

पुष्पों की संख्या	पादपों की संख्या	संचयी आवृत्ति
X	f	C.f
8	3	3
10	7	10
12	12	22
14	28	50
16	10	60
18	9	69
20	6	75

$$\text{Median} = \left(\frac{N + 1}{2} \right)^{\text{th}} \text{ item}$$

$$\text{Median} = \frac{75 + 1}{2} = 38^{\text{th}} \text{ Item}$$

चूँकि 22 वे पौधे तक पुष्पों की संख्या 8, 10, 12 है। 23 वे पौधे से 38 वे पौधे तक सभी 28 पौधों पर पुष्पों की संख्या 14 है। अतः 38 वे पौधे पर भी 14 पुष्प होंगे।

अविच्छिन्न श्रेणी (Continuous series) : सतत् अथवा अविच्छिन्न श्रेणी में मध्यका ज्ञात करने के लिए निम्न क्रिया विधि काम में ली जाती है।

- (1) सबसे पहले यह देखना चाहिए की समक माला अपवर्जी (Exclusive) है या समावेशी (Inclusive)। यदि समक माला समावेशी दी हुई हो तो उसे अपवर्जी में परिवर्तित करना चाहिए।
- (2) इसके बाद साधारण आवृत्तियों की सहायता से सचयी आवृत्तियाँ (Cumulative frequency) ज्ञात कीजिए।
- (3) इसके पश्चात् $\frac{N}{2}$ की मदद से मध्यका मद ज्ञात कीजिए। वॉघ (Waugh), मोरोनी (Moroney), क्रॉक्सटन (Croxtan) आदि का मत है कि सतत श्रेणी में मध्यक $\frac{N}{2}$ वे मद का मूल्य होता है न कि $\frac{N+1}{2}$ का जैसा कि खण्डित व व्यक्तिगत श्रेणी में होता है।
- (4) मध्यका मद जिस सचयी आवृत्ति में होता है उसी से सम्बन्धित वर्गान्तर, मध्यका वर्ग कहलाता है।
- (5) मध्यका वर्ग में मध्यका का निर्धारण अन्तर्गणन निम्न सूत्र की सहायता से किया जाता है -

$$M = l_1 + \frac{1}{f} (m - C) \text{ or } l_1 + \left\{ \frac{l_2 - l_1}{f} (m - C) \right\}$$

यहाँ

$M =$ मध्यका

$l_1 =$ मध्यका वर्ग की निम्न सीमा
(Lower limit of the median class)

$l_2 =$ मध्यका वर्ग की उच्च सीमा
(Upper limit of median class)

$f =$ मध्यका वर्ग की आवृत्ति
(Frequency of the median class) —

$m =$ मध्यका मद $\left(\frac{N}{2} \right)$ (Median item)

$C =$ मध्यका वर्ग से पहले वर्ग की सचयी आवृत्ति
(Cumulative frequency of the preceding class to the median class)

$i =$ मध्यका वर्ग का वर्ग विस्तार $(l_2 - l_1)$
(Class interval of median class)

- (6) यदि समक माला अवरोही क्रम (Descending order) में दी गई है तो निम्न सूत्र का प्रयोग किया जाता है।

$$M = l_2 - \frac{i}{f} (m - c)$$

अपवर्जी श्रेणी (Exclusive series) :

उदाहरण : निम्न सारणी में मध्यका ज्ञात कीजिए :

Age class (days)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
No of Plants	5	8	10	9	8

Solution :--

Age in days	No. of Plants (f)	Cumulative frequency (C f)
0-5	5	5
5-10	8	13
10-15	10	23
15-20	9	32
20-25	8	40

$$M = \text{size of } \left(\frac{N}{2} \right)^{\text{th}} \text{ item}$$

$$= \frac{40}{2} = 20^{\text{th}} \text{ item}$$

20वें मद का मूल्य मध्यका वर्ग 10-15 में है

$$M = l_1 + \frac{1}{f} (m - c)$$

$$M = 10 + \frac{5}{10} \times (20 - 13)$$

$$= 10 + \frac{5}{10} \times 7$$

$$= 10 + 3.5 = 13.5$$

median age is 13.5 days

उदाहरण : 100 गन्ने (*Saccharum officinarum*) के पौधों की ऊँचाई की मध्यका निकालिये

ऊँचाई (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
पौधों की संख्या	5	30	20	10	15

हल :--

ऊँचाई वर्ग (cm में)	पौधों की संख्या (f)	संचयी आवृत्ति (C f)
0-10	5	5

10—20	30	35
20—30	20	55
30—40	10	65
40—50	15	80

$$\text{Median} = \text{size of } \left(\frac{N}{2} \right)^{\text{th}} \text{ Item} = \frac{80}{2} = 40^{\text{th}} \text{ item}$$

40वें मद का मूल्य 20 30 मध्यका वर्ग में है।

$$M = l_1 + \frac{1}{f} (m - c)$$

$$M = 20 + \frac{10}{20} (40 - 35)$$

$$= 20 + \frac{10}{20} \times 5$$

$$= 20 + 2.5$$

$$= 22.5 \text{ cm}$$

Median height is 22.5 cm

उपरोक्त उदाहरण में समक आरोही (Ascending) क्रम में दिये गये हैं यदि ये ही मूल्य अवरोही क्रम में दिये होते तो सूत्र $M = l_2 - \frac{1}{f} (m - c)$ से गणना की जाती।

ऊँचाई वर्ग cm	चौखों की संख्या (f)	संचयी आवृत्ति (C.f)
40—50	15	15
30—40	10	25
20—30	20	45
10—20	30	75
0—10	5	80

$$\text{मध्यका} = \text{size of } \left(\frac{N}{2} \right)^{\text{th}} \text{ Item}$$

$$\frac{80}{2} =$$

40th Item

40वें मद का मूल्य 20—30 मध्यका वर्ग में है।

$$M = l_2 - \frac{1}{f} (m - c)$$

$$M = 30 - \frac{10}{20} (40 - 25)$$

$$\begin{aligned}
 &= 30 - \frac{10}{20} \times 15 \\
 &= 30 - 7.5 \\
 &= 22.5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Median Height is 22.5 cm

समावेशी श्रेणी (Inclusive series) : सम्मिलित श्रेणी या समावेशी श्रेणी में मध्यका निकालने से पूर्व सम्मिलित श्रेणी को असम्मिलित श्रेणी में परिवर्तित कर लेना चाहिए।

उदाहरण : निम्न सारणी में 182 पौधों की लम्बाई से० मी० में दी गई है, इसकी मध्यका लम्बाई ज्ञात करिए

लम्बाई (cm)	45—49	50—54	55—59	60—64	65—69	70—74	75—79
पौधों की संख्या	2	10	55	21	57	32	5

हल

लम्बाई वर्ग (cm)	वास्तविक वर्ग सीमाये	आवृत्ति (f)	संचयी आवृत्ति (Cf)
45—49	44.5—49.5	2	2
50—54	49.5—54.5	10	12
55—59	54.5—59.5	55	67
60—64	59.5—64.5	21	88
65—69	64.5—69.5	57	145
70—74	69.5—74.5	32	177
75—79	74.5—79.5	5	182

$$M = \text{size of } \frac{N}{2} \text{ th Item} = \frac{182}{2} = 91^{\text{th}} \text{ Item}$$

91वें मद का मूल्य 65—69 मध्यका वर्ग में है।

$$\therefore \text{अतः } M = l_1 + \left[\frac{\frac{1}{f} (m - c)}{f} \right]$$

$$M = 64.5 + \left[\frac{5}{57} (91 - 88) \right]$$

$$= 64.5 + \frac{5}{57} \times 3$$

$$= 64.5 + 0.26$$

$$M = 64.76 \text{ cm}$$

उदाहरण : निम्नालिखित तालिका में पीपल के वृक्षों से सम्बन्धित समक दिये गये हैं। इस समको से माध्यका ज्ञात करिये।

आयु वर्षों में	आवृत्ति (f)
10 वर्ष से नीचे	2
20 — do —	20
30 — do —	65
40 — do —	143
50 — do —	175
60 — do —	208
70 — do —	230
80 — do —	242
90 — do —	250

हल : उपरोक्त प्रश्न में सचयी आवृत्ति दी गई है, इसे सरल आवृत्ति में परिवर्तित करना पड़ेगा।

आयु वर्षों में	संचयी आवृत्ति (C. f)	वास्तविक आवृत्ति (f)
0 — 10	2	2
10 — 20	20	18
20 — 30	65	45
30 — 40	143	78
40 — 50	175	32
50 — 60	208	33
60 — 70	230	22
70 — 80	242	12
80 — 90	250	8

$$\text{माध्यका} = \frac{N}{2} \text{ अर्थात् } \frac{250}{2} = 125^{\text{वाँ}} \text{ मद का मूल्य}$$

125वाँ मद 30—40 वर्गान्तर में है।

$$\text{अतः } M = l_1 + \frac{1}{f} (m - c)$$

$$M = 30 + \frac{10}{78} (125 - 65)$$

$$M = 30 + \frac{10}{78} \times 60$$

$$M = 30 + 7.69$$

$$M = 37.69 \text{ yrs}$$

असमान वर्गान्तर (Unequal class interval) : यदि वर्गान्तर असमान हो तो प्रश्न को हल करने से पूर्व वर्गान्तरों को यथा सम्भव समान कर लेना चाहिए।

उदाहरण : निम्न सारणी में पौधों की संख्या व पुष्पों की संख्या दी गई है। मध्यका ज्ञात कीजिए

पुनर्गठित श्रेणी

पुष्पों की संख्या	पौधों की संख्या	पुष्पों की संख्या	पौधों की संख्या
0—5	5	0—10	8 (5+3+0)
5—8	3	10—20	10 (4+6+0)
10—13	4	20—30	12
13—19	6	30—40	13 (8+5)
20—30	12	40—50	7 (0+7)
30—35	8		
35—40	5		
45 & above	7		

पुष्पों की संख्या	पौधों की संख्या	संघयी आवृत्ति
0—10	8	8
10—20	10	18
20—30	12	30
30—40	13	43
40—50	7	50

$$M = \frac{N}{2} \text{ अर्थात् } \frac{50}{2} = 25 \text{ वे मद का मूल्य}$$

जो कि 20—30 मध्यका वर्गान्तर में स्थित है।

$$M = l_1 + \left\{ \frac{\frac{1}{f}}{f} (m - c) \right\}$$

$$= 20 + \frac{10}{12} (25 - 18)$$

$$= 20 + \frac{10}{12} \times 7$$

$$= 20 + 5.83 = 25.83$$

$$M = 25.83 \text{ or } 26 \text{ Flowers}$$

मध्यका की विशेषताएँ (Characteristics of Median)

मध्यका की निम्न विशेषताएँ हैं :

- (1) मध्यका एक स्थिति सम्बन्धी माध्य है।
- (2) मध्यका के मूल्य पर अति सीमान्त इकाइयों (Extreme items) का प्रभाव अत्यन्त कम होता है।
- (3) मध्यका का आकसन उस परिस्थिति में ही किया जा सकता है जबकि श्रेणी की मदों को सख्यात्मक रूप नहीं दिया जा सकता है।
- (4) अन्य माध्यों की भाँति मध्यका का गणितीय विवेचन संभव नहीं है।
- (5) यदि मदों की सख्या एवम् मध्यका वर्ग के विषय में सूचनाएँ दी हुई हों तो मध्यका मूल्य का निर्धारण आकड़ों के अपूर्ण होने पर भी हो सकता है।

मध्यका के गुण (Merits of median):

- (1) बुद्धिमत्ता, सुन्दरता एवम् स्वल्पता आदि गुणात्मक विशेषताओं (Qualitative characteristics) के अध्ययन के लिए अन्य माध्यों की अपेक्षा मध्यका श्रेष्ठ समझा जा सकता है।
- (2) मध्यका पर अतिसीमान्त इकाइयों का और साधारण मदों का प्रभाव नहीं पड़ता है।
- (3) मध्यका को ज्ञात करना सरल व सुविधाजनक रहता है। इसकी गणना, एक साधारण व्यक्ति भी सरलता से समझ सकता है।
- (4) कभी-कभी तो मध्यका की गणना निरीक्षण मात्र से ही की जा सकती है।
- (5) मध्यका को बिन्दु रेखीय पद्धति से भी ज्ञात किया जा सकता है।
- (6) मध्यका मूल्य समूह में एक मूल्य होता है जैसे कि 3, 6, 9, 10, 12 का मध्यका 9 है, जो प्रस्तुत समूहों में से एक है। समूह का समान्तर माध्य 8 है जो प्रस्तुत समूहों से अलग है इसलिए कहा जाता है कि मध्यका किसी एक समूह का वास्तविक माध्य होता है।
- (7) निश्चित निर्धारण - मध्यका का निर्धारण बिल्कुल निश्चित तथा शुद्ध हो सकता है। प्रत्येक समूह के बिल्कुल मध्य में स्थित मद मध्यका होता है।
- (8) आकृति अज्ञात होने पर - सघट्टा का निर्धारण अन्त के अंकों की आकृति ज्ञात होने पर भी हो सकता है। यदि केवल इतना पता हो कि मदों की कुल सख्या कितनी है।
- (9) वर्गान्तर में- वर्गान्तर समूह (Class group) में भी मध्यका का निर्धारण सामान्य शुद्धता से हो सकता है। इस प्रकार की स्थिति में वर्गान्तर का विस्तार बिल्कुल स्पष्ट होना चाहिए।

मध्यका के दोष (Demerits of median)

मध्यका सरल होने के उपरान्त भी दोष रहित नहीं है, इसमें निम्न दोष या कनियों पाई जाती हैं।

- (1) अक व्यवस्था - मध्यका ज्ञात करने से पूर्व सम्बन्धित मदों को आरोही या अवरोही क्रम में व्यवस्थित करना पड़ता है, जो कि कठिन कार्य होता है।
- (2) मध्यका को मदों की सख्या से गुणा करने पर मूल्य का कुल योग ज्ञात नहीं हो सकता है। यदि पाँच मक्का के भुट्टों (Maize cobs) में क्रमशः 50, 80, 100, 110 तथा 180 मक्का के दाने हैं तो इसका मध्यका 100 होगा। इसे 5 से गुणा करने पर 500 दाने हुए जबकि कुल 490 दाने ही हैं। इस समूह का समान्तर माध्य 94 दाने हैं और इसे 5 से गुणा करने पर 470 दाने ही आता है।
- (3) भ्रामक परिणाम - यदि मदों के विस्तार में बहुत भिन्नता है तो मध्यका बहुत भ्रामक परिणाम देता है जैसे यदि 5 कृषकों की कृषि पैदावार 20, 100, 400, 500 तथा 1000 quintal गेहूँ हो तो मध्यका 400 q होगा जो सर्वदा भ्रामक है।
- (4) मध्यका आगे गणितीय रीतियों में प्रयोग के लिए अनुपयुक्त है।
- (5) प्रतिनिधि नहीं - अनेक परिस्थितियों में मध्यका प्रतिनिधि अक प्रस्तुत नहीं करता है जैसे पाँच क्यारियों में क्रमशः 50, 100, 200, 500 व 600 पौधे लगे हैं। इस दशा में मध्यका पौधों की सख्या 200 है जो कि उचित प्रतीत नहीं होता।
- (6) न्यादर्श के उच्चावचनों से प्रभावित - मध्यका न्यादर्श के उच्चावचनों से काफी प्रभावित है। एक ही समग्र से 10 तथा 20 इकाइयों के दो-दो पृथक न्यादर्श (Sample) लेने पर उनके मध्यका में अन्तर होने की सम्भावना होती है। जबकि न्यादर्श में मदों की सख्या में अन्तर होने पर समान्तर माध्य पर अधिक प्रभाव नहीं पड़ता है।
- (7) आन्तर्गणन की मान्यताएँ - अविच्छिन्न श्रेणी में मध्यका निकालने के लिए अन्तर्गणन के सूत्र का प्रयोग किया जाता है जो कि इस मान्यता पर आधारित है कि एक वर्ग की समस्त आवृत्तियाँ पूरे वर्ग में समान रूप से फैली हैं किन्तु व्यवहार में ऐसा होने पर परिणाम त्रुटिपूर्ण होते हैं।
- (8) यदि बड़े और छोटे मदों को समान भार देना हो या न्यूनताधिक भार देने हो तो यह माध्य अनुपयुक्त है। क्योंकि यह छोटे तथा बड़े दोनों मदों को छोड़ देता है।

बहुलक या भूयिच्छक (Mode)

बहुलक या भूयिच्छक को अंग्रेजी में 'Mode' कहते हैं। "Mode" शब्द की उत्पत्ति फ्रेंच भाषा के शब्द "La mode" से हुई है जिसका अर्थ ही फैशन या रिवाज। केनी व कीपिंग (Kenney व Keeping) के अनुसार सांख्यिकी में बहुलक उस मूल्य को कहते हैं जो कि समक माला में सबसे अधिक बार आता है अर्थात् जिसकी सबसे अधिक आवृत्ति हो।

बौडिंगटन (Boddington) के शब्दों में "भूयिच्छक या बहुलक वह रूप, प्रकार अथवा मूल्य है जो सर्वाधिक महत्वपूर्ण हो या भूयिच्छक सर्वाधिक घनत्व की स्थिति (position of greatest density) या मूल्यों के अधिकतम सकेन्द्रण के बिन्दु (Point of highest concentration of values) को कहते हैं।

क्रॉक्सन एवम् काउडेन (Croxon & Cowden) के मतानुसार एक समक बंटन का भूयिच्छक वह मूल्य है जिसके निकट श्रेणी की इकाइयों के अधिक से अधिक सकेन्द्रित होने की प्रवृत्ति होती है। इसे मूल्यों की श्रेणी का सबसे अधिक प्रतिरूपी माना जा सकता है।

परिभाषा :- आकड़ों अथवा श्रेणी में चर का वह मान जो सबसे अधिक बार आया हो (सबसे अधिक पुनरावृत्ति हुआ हो) अर्थात् जिसकी बारम्बारता सबसे अधिक हो वह बहुलक या भूयिच्छक (Mode) कहलाता है। इसे प्रायः संकेताक्षर 'Z' से प्रदर्शित किया जाता है। उदाहरणार्थ माना कि किसी बाँस (Bamboosa bamboo) प्लांटेशन में बाँस में पर्व सन्धियों की संख्या निम्न है :- 10, 15, 17, 16, 13, 10, 11, 15, 10, 12, 15, 10, 11, 10 है। उपरोक्त समक माला में सबसे अधिक पुनरावृत्ति (5 बार) अंक 10 की हुई है अतः इस समक सग्रह का बहुलक 10 है।

भूयिच्छक की गणना (Calculation of mode)

व्यक्तिगत श्रेणी (Individual series) :- अवर्गीकृत समक श्रेणी अथवा व्यक्तिगत श्रेणी में भूयिच्छक या बहुलक निकालने की तीन विधियाँ हैं :-

- (i) निरीक्षण द्वारा (by inspection)
- (ii) व्यक्तिगत श्रेणी को खण्डित या सतत् श्रेणी में परिवर्तित करके (by converting individual series into discrete or continuous series)
- (iii) समान्तर माध्य (Mean) और मध्यका (Median) के अन्तर्सम्बन्ध की सहायता से बहुलक का अनुमान।
- (i) निरीक्षण द्वारा (by inspection)

अवर्गीकृत तथ्यों में निरीक्षण करके यह निश्चित किया जाता है कि कौन सा मूल्य सबसे अधिक बार आता है अर्थात् कौन सा मूल्य सबसे अधिक प्रचलित है। जो मूल्य सर्वाधिक प्रचलित होता है वही उन तथ्यों का बहुलक मूल्य होता है। इस विधि का प्रयोग तब किया जाता है जब आवृत्तियाँ नियमित होती हैं, अर्थात् प्रारम्भ में बढ़ते क्रम में हो, सारणी के मध्य में अधिकतम हो और फिर घटने लगे।

उदाहरण :- तीन उद्यानों के पौधों की संख्याओं के समूह के लिए बहुलक ज्ञात करिये :-

- (a) 30, 50, 20, 60, 50, 90, 50, 20, 80, 60, 20, 30, 50, 40, 70
 (b) 516, 487, 533, 495, 489, 516, 520, 546, 540, 533
 (c) 80, 110, 40, 30, 20, 50, 100, 60, 40, 10, 100, 80, 120, 60, 50, 70

हल :-

- (a) 50 संख्या सबसे अधिक (चार) बार आई है, अतः भूयुक्तक = 50 है।
 (b) 516 व 533 दोनों ही संख्याएँ दो दो बार आवृत्त हुई हैं अतः यहाँ पर दो बहुलक हैं। इस प्रकार की श्रेणी को द्वि बहुलक (Bi modal) श्रेणी कहते हैं।
 (c) 40, 50, 60, 80 तथा 100 प्रत्येक संख्याएँ दो दो बार आवृत्त हुई हैं। हम यह कह सकते हैं कि यहाँ पर पाँच बहुलक हैं। इसे बहु भूयुक्तक (Multimodal) श्रेणी कहते हैं। इस स्थिति में यहाँ यह कहना अधिक उचित होगा कि इस श्रेणी में सुस्पष्ट बहुलक विद्यमान नहीं है।

(ii) **अवर्गीकृत तथ्यों को वर्गीकृत करके** — यदि प्रस्तुत मूल्यों की संख्या बहुत अधिक होती है तो बहुलक का निरीक्षण द्वारा निर्धारण करना सरल नहीं होता है। ऐसी परिस्थिति में व्यक्तिगत मूल्यों को आवृत्ति वितरण के रूप में खण्डित या अविच्छिन्न श्रेणी में परिवर्तन कर लेते हैं तत्पश्चात् खण्डित या सतत् श्रेणी से बहुलक का निर्धारण करते हैं। बहुलक ज्ञात करने की यह रीति अधिक विश्वसनीय एवम् तर्क संगत है।

(iii) **माध्यों के औसत अन्तर्सम्बन्ध द्वारा** : यदि समक वितरण सममित (Regular or symmetrical) है अथवा आशिक रूप से विषम (Asymmetrical) है तो सम्भावित बहुलक मूल्य का निर्धारण इस विधि द्वारा किया जा सकता है। एक सममित समक वितरण में समान्तर माध्य-मध्यका व बहुलक (\bar{X} , M , Z) का मूल्य समान होता है अर्थात् ($\bar{X} = M = Z$); यदि वितरण आशिक रूप से विषम या असममित होतो इन तीनों माध्यों के मध्य औसत सम्बन्ध इस प्रकार होता है :-

$$\begin{aligned} \bar{X} - Z &= 3(\bar{X} - M) \\ \text{or } \bar{X} - Z &= (3\bar{X} - 3M) \\ \text{or } Z &= 3M - 2\bar{X} \end{aligned}$$



खण्डित श्रेणी में बहुलक ज्ञात करना (To find out mode in a discrete series) : खण्डित श्रेणी में बहुलक निरीक्षण द्वारा अथवा समूहन विधि द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

समूहन विधि (Grouping method) : जब श्रेणी में अनियमितता हो अथवा दो या इससे अधिक मूल्यों की आवृत्ति सर्वाधिक हो तो यह निश्चित करना कठिन होता

है कि किस मूल्य को बहुलक माना जाये। इस स्थिति में “समूहीकरण द्वारा” बहुलक ज्ञात करना उचित रहता है। समूहीकरण रीति द्वारा बहुलक ज्ञात करने के लिए निम्न तीन कार्य करने होते हैं :-

- (1) समूहीकरण सारणी बनाना (Grouping Table)
- (2) विश्लेषण सारणी बनाना (Analysis Table)
- (3) बहुलक ज्ञात करना (Mode)

(i) समूहीकरण सारणी बनाना (Grouping Table) यहाँ यह ध्यान रखना आवश्यक है कि समूहीकरण सदैव आवृत्ति (Frequencies) का ही किया जाता है न कि मूल्यों का इसके लिए सामान्यतः 6 कॉलम बनाये जाते हैं, जब तक कि अधिक कॉलम बनाना अत्यन्त आवश्यक न हो।

- (1) प्रथम कॉलम में प्रश्न में दी हुई आवृत्तियाँ ही लिखी जाती हैं।
- (2) द्वितीय कॉलम में प्रथम आवृत्ति से दो दो आवृत्तियों को जोड़कर लिखा जाता है, और अन्त में एक ही आवृत्ति बचे तो उसे छोड़ दिया जाता है।
- (3) तृतीय कॉलम में प्रथम आवृत्ति को छोड़कर शेष दो दो आवृत्तियों को जोड़कर लिखा जाता है।
- (4) चतुर्थ कॉलम में प्रथम आवृत्ति से तीन-तीन आवृत्तियों का योग करके योग फल लिखा जाता है।
- (5) पंचम कॉलम में प्रथम आवृत्ति को छोड़कर तीन-तीन आवृत्ति को जोड़कर लिखा जाता है।
- (6) षष्ठम् कॉलम में प्रथम दो आवृत्ति को छोड़कर तीन-तीन आवृत्ति को जोड़कर योग फल लिखा जाता है।

इस प्रकार समूहन करने के बाद प्रत्येक कॉलम की अधिकतम सख्या को रेखांकित (Under line) कर दिया जाता है तथा उन अधिकतम आवृत्तियों के चर मूल्यों पर बिन्दु लगाकर उनकी गणना कर ली जाती है।

(2) विश्लेषण सारणी (Analysis Table) : यह सारणी उपर्युक्त सारणी में रेखांकित (Under lined) सख्याओं के आधार पर बनाई जाती है जिसका प्राक्क निम्न है।

(Analysis Table)

कॉलम संख्या (Column No.)	अधिकतम आवृत्ति वाले पद का आकार (Size of item containing maximum frequency)					
1						
2						
3						
4						
5						
6						

- (3) बहुलक ज्ञात करना (To find out mode) : बहुलक ज्ञात करने हेतु उपर्युक्त विश्लेषण सारणी से वह मद या मूल्य निकाला जाता है जिसकी आवृत्ति सर्वाधिक है। यही मद या मूल्य बहुलक होता है।

उदाहरण : एक पादप विक्रेता ने बॉगनविलिया (*Bougainvillea*) के पौधे निम्न समको के अनुसार विक्रय किये। प्राप्त समको से बहुलक की गणना करिये।

Age of Plants (in days)	1	2	3	4	5	6	7	8
Plants sold	4	5	7	6	8	7	8	5

हल : इस प्रश्न की सारणी देखने पर ज्ञात होता है कि 5 व 8 दोनों ही आयु वर्ग के पौधों की आवृत्तियाँ 8-8 हैं अतः निरीक्षण रीति द्वारा यह निश्चित करना कठिन है कि किस आवृत्ति का मूल्य बहुलक है अतः इस स्थिति में समूहन रीति (Grouping method) द्वारा बहुलक ज्ञात करना होगा।

Grouping Table

Age of Plants (In days)	No. of Plants sold (f)	Grouping frequencies by Twos by Three's					
	1	2	3	4	5	6	
1	4	} 9					
2	5		} 12	} 16	} 18	} 21	
3	7	} 13					
4	6	} 14	} 21	} 23	} 26	} 29	
5	(8)						} 15
6	7	} 15	} 21	} 23	} 26	} 29	
7	(8)						} 19
8	5						

इस सारणी में प्रथम कॉलम में प्रश्न में दी गई आवृत्तियाँ लिखी गई हैं व अधिकतम आवृत्तियों को रेखांकित कर दिया गया है। दूसरे कॉलम में प्रथम कॉलम की दो-दो आवृत्तियों का योग लिखा गया है। तीसरे कॉलम में प्रथम आवृत्ति को छोड़कर दो-दो आवृत्तियों का योग लिखा गया है। चौथे कॉलम में प्रथम कॉलम के तीन-तीन आवृत्तियों का योग लिखा गया है। पाँचवें व छठे कॉलम में भी तीन-तीन आवृत्तियों का योग लिखा गया है किन्तु प्रथम, एवम् प्रथम व द्वितीय आवृत्तियों को क्रमशः पाँचवें और छठे कॉलम में छोड़ा गया है। सभी कॉलम (1 से 6 तक) में अधिकतम योग के समूह को रेखांकित कर दिया गया है।

अब बहुलक ज्ञात करने के लिए यह देखना आवश्यक है कि समूहों में कौनसी आवृत्ति सबसे अधिक बार पुनरावृत्त हुई है यह विश्लेषण सारणी द्वारा स्पष्ट हो जाता है कि कौन सा मूल्य बहुलक है।

Analysis Table

कॉलम संख्या (Column No.)	अधिकतम आवृत्ति वाले मद (size of item containing maximum frequency)						
1					5		7
2					5	6	
3						6	7
4				4	5	6	
5					5	6	7
6			3	4	5		
योग	.	.	1.	2	5	.4	3

उपरोक्त सारणी से स्पष्ट है कि आकार 5 सबसे अधिक बार अर्थात् 5 बार आवृत्त हुआ है, अतः पौधों की आयु (Age of plant) 5 days ही बहुलक है। $z = 5$ बहुलक ज्ञात करने की दूसरी विधि - खण्डित श्रेणी में बहुलक ज्ञात करने के लिए समूहन रीति ही सर्वश्रेष्ठ है किन्तु कभी-कभी सदिप्त व सरल विधि अपनाई जा सकती है। इसमें सबसे अधिक आवृत्तियों के आगे और पीछे की आवृत्तियों का योग मालूम करते हैं और जिन सीनों का योग अधिक होता है उनका मूल्य ही बहुलक होगा।

पिछले उदाहरण को इस प्रकार हल किया जा सकता है :

सम्भावित बहुलक मद	5	7
बहुलक मूल्य से पहले की आवृत्ति	6	7
बहुलक मूल्य की आवृत्ति	8	8
बहुलक मूल्य के बाद की आवृत्ति	7	5
आवृत्तियों का योग	21	20

अतः बहुलक 5 है न कि 7।

यह भी सम्भव है कि आवृत्तियों का कुल योग बराबर ही हो जाये। ऐसी स्थिति में खण्डित श्रेणी में बहुलक ज्ञात करने हेतु माध्यों के अन्तर्सम्बन्ध विधि ($Z=3m-2X$) का प्रयोग किया जाता है।

कभी-कभी आवृत्ति वितरण की बनावट इस प्रकार होती है कि अधिकतम आवृत्ति वाला मूल्य बहुलक नहीं होता ऐसी स्थिति में समूहीकरण करने पर ही बहुलक मूल्य का निर्धारण सही रूप से किया जा सकता है।

उदाहरण ॥ एक उद्यान में पाये जाने वाले विभिन्न पौधों की ऊँचाई और आवृत्ति बंटन निम्नानुसार है तो प्राप्त समकों से बहुलक की गणना करिये।

पौधों की ऊँचाई (cm)	आवृत्ति	पौधों की ऊँचाई (cm)	आवृत्ति
1	2	7	15
2	3	8	14
3	4	9	13
4	5	10	8
5	7	11	5
6	9	—	—

इस :

पौधों की ऊँचाई	आवृत्ति	समूह (B)						विस्तारण सारणी	
	(A)	दो-दो के जोड़े		तीन-तीन के जोड़े				कॉलम (C)	
	1	2	3	4	5	6			
1	2	5	7	9	12	16			
2	3								
3	4	9	12	21	31	39		4	
4	5								
5	7	16	24	42	35	26	I	1	
6	9								
7	(15)	(23)	(27)	(42)	(35)	(26)		4	
8	14	21	13					5	
9	13								
10	8	13						3	
11	5								

विस्तारण सारणी

कॉलम संख्या	अधिकतम आवृत्ति वाले मद										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1							7				
2							7	8			
3								8	9		
4							7	8	9		
5								8	9	10	
6						6	7	8			
योग						1	4	5	3	1	

पृथक से विस्तरेण सारणी बनाने के बजाय समूहन वाली सारणी में ही एक कॉलम (c) और बढ़ाने से हनार काम चल सकता है। जैसा कि उपरोक्त समूहन तालिका के साथ किया है। इससे स्थान व समय की बचत होती है। इसकी रीति सरल है। प्रथम कॉलम में सर्वाधिक आवृत्ति 15 है जिसका मूल्य 7 है। अतः विस्तरेण सारणी कॉलम (c) में ठीक (7वें) वर्ग के समुख नितान तालिका (Tally sheet) की तरह एक छोटी सी उर्ध्व रेखा (I) खींच देते हैं। द्वितीय कॉलम में सर्वाधिक आवृत्ति 29 है जो 15 व 14 का योग है। 15 का मूल्य 7वें वर्ग में और 14 का मूल्य 8वें वर्ग में है अतः कॉलम (c) में इन दोनों वर्गों के सामने एक एक छोटी सी रेखा खींच देते हैं। इस प्रकार से प्रत्येक आवृत्ति के कॉलम में सर्वाधिक आवृत्ति वाले वर्ग या वर्गों के समुख रेखाएँ खींच देते हैं। यदि तीसरे कॉलम में किसी वर्ग के सामने चार से अधिक रेखाएँ खींचनी पड़े तो पाँचवी रेखा को खड़ी न खींच कर चारों खड़ी रेखाओं को पाँचवीं ठिठकी रेखा (5x) से काटते हुए खींचते हैं। अब इन खड़ी रेखाओं को गिन कर इनका योग उनके समुख लिख देते हैं जिस वर्ग के समुख सबसे अधिक रेखाएँ होती हैं वही बहुलक वर्ग होता है।

उपर्युक्त प्रथम के अवलोकन से सबसे अधिक आवृत्ति वाला मूल्य 7 दिखाई देता है किन्तु समूहीकरण विधि द्वारा यह ज्ञात होता है कि मूल्य 8 की आवृत्ति सबसे अधिक बार अर्थात् 5 बार आई है अतः बहुलक 8 होगा क्योंकि इसी के पास आवृत्तियों का केन्द्रीयकरण अधिक है।

अव्युत्त या सतत् या अविच्छिन्न (Continuous series) में बहुलक ज्ञात करना - अव्युत्त श्रेणी में बहुलक निश्चित करते समय सर्वप्रथम निरीक्षण द्वारा या समूहीकरण विधि द्वारा सबसे अधिक आवृत्ति वाले मध्य को बहुलक वर्ग के लिए चुन लेंगे। यदि आवृत्ति नियमित रूप से घटती बढ़ती हो तो बहुलक वर्ग को निश्चित करना सरल है परन्तु आवृत्तियाँ अनियमित रूप से घटती बढ़ती हो तो समूहीकरण विधि द्वारा बहुलक वर्ग को ज्ञात करेंगे। बहुलक वर्ग में बहुलक मूल्य ज्ञात करने के लिए निम्न सूत्रों में से किसी एक का प्रयोग किया जा सकता है।

$$(i) \quad Z = l_1 + \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \times i \text{ (ignoring minus sign)}$$

श्रेणी के आरोही क्रम में होने पर

$$(ii) \quad Z = l_2 - \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \times i \text{ (ignoring minus sign)}$$

श्रेणी के अवरोही क्रम में होने पर

$$(iii) \quad Z = l_1 + \frac{f_1 - f_0}{2f_1 - f_0 - f_2} \times i$$

श्रेणी के आरोही क्रम में होने पर

$$(iv) \quad Z = l_2 - \frac{f_1 - f_0}{2f_1 - f_0 - f_2} \times i$$

श्रेणी के अवरोही क्रम में होने पर

जबकि $Z =$ बहुलक या भूमिष्ठक (Mode)

$l_1 =$ बहुलक वर्ग की अधर सीमा (Lower limit of modal group)

l_2 = बहुलक वर्ग की ऊपरी सीमा

(Upper limit of modal group)

f_1 = बहुलक वर्ग की आवृत्ति

(Frequency of the modal group)

f_2 = बहुलक वर्ग के बाद वाले वर्ग की आवृत्ति

(Frequency of group succeeding the modal group)

f_0 = बहुलक वर्ग से पहले वाले वर्ग की आवृत्ति

(Frequency of the group preceding the modal group)

i = बहुलक वर्ग का वर्ग विस्तार ($l_2 - l_1$)

(Class interval of modal group)

Δ_1 = प्रथम अन्तर (Delta) = Difference one ($f_1 - f_0$)

Δ_2 = द्वितीय अन्तर (Delta) = Difference two ($f_1 - f_2$)

अपवर्गी श्रेणी (Exclusive series) :

उदाहरण : एक खेत में गन्ने के पौधों में पर्व सन्धियों की संख्या और आवृत्ति निम्न सारणी के अनुसार है तो प्राप्त आकड़ों की सहायता से बहुलक की गणना करिये।

पर्व सन्धियों की संख्या	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35
पौधों की संख्या	3	10	22	14	4	2	1

हल :

पर्व सन्धियों की संख्या	पौधों की संख्या	समूहन					विस्तरेषण सारणी	
		दो-दो के जोड़े		तीन-तीन के जोड़े				
		2	3	4	5	6		
0—5	3	13					I	1
5—10	10		(32)	(35)			III	3
10—15	(22)	(36)			(46)		IIII	6
15—20	14		18			(40)	III	3
20—25	4	6		20			I	1
25—30	2		3		7			
30—35	1							

उपर्युक्त विश्लेषण से स्पष्ट है कि 10-15 पर्व सन्धियों वाला वर्ग सबसे अधिक बार आवृत्त होता है अतः 10-15 वर्गान्तर ही बहुलक वर्ग है। बहुलक मूल्य ज्ञात करने के लिए निम्न सूत्र का प्रयोग करेंगे।

$$Z = l_1 + \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \times i$$

$$l_1 = 10 \text{ (Lower limit of modal group)}$$

$$\Delta_1 = (f_1 - f_0) = 22 - 10 = 12$$

$$\Delta_2 = (f_1 - f_2) = 22 - 14 = 8$$

$$i = \text{class interval} = 5$$

$$\begin{aligned} Z &= 10 + \left(\frac{12}{12 + 8} \times 5 \right) \\ &= 10 + \frac{60}{20} = 10 + 3 \\ &= 13 \\ Z &= 13 \text{ पर्व सन्धियों।} \end{aligned}$$

सम्मिलित श्रेणी (Inclusive series) में बहुलक ज्ञात करना : सम्मिलित या समावेशी श्रेणी में बहुलक निकालने के लिए भी उपरोक्त सूत्र का ही प्रयोग किया जाता है किन्तु जिस वर्गान्तर में बहुलक होता है उस वर्गान्तर की अपवर्जी (Exclusive) वर्ग सीमाएँ ज्ञात कर लेनी चाहिए।

उदाहरण : निम्न सारणी में बॉस के पेड़ों की लम्बाई दी गई है। इस सारणी से बहुलक ज्ञात करिये।

लम्बाई (cm)	आवृत्ति
45—49	2
50—54	10
55—59	55
60—64	21
65—69	57
70—74	32
75—79	5

उपरोक्त सारणी से यह स्पष्ट है कि वर्गान्तर 65-69 की आवृत्ति (57) ही सर्वाधिक है अतः बहुलक 65-69 वर्गान्तर में ही है। इस वर्ग की वास्तविक सीमाएँ 64.5 - 69.5 हैं। अथवा सीमा 64.5 है।

$$\begin{aligned} \text{अतः बहुलक} \quad Z &= l_1 + \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \times i \\ \Delta_1 &= 57 - 21 = 36 \\ \Delta_2 &= 57 - 32 = 25 \\ i &= 5 \\ Z &= 64.5 + \frac{36}{36 + 25} \times 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 64.5 + \frac{180}{61} \\
 &= 64.5 + 2.95 \\
 &= 67.45 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

उदाहरण : एक उद्यान में विभिन्न वृक्ष निम्न आयु वर्ग में हैं। दिये गये समको से बहुलक ज्ञात करिये

आयु वर्ग (वर्षों में)	वृक्ष आवृत्ति
55—60	6
50—55	7
45—50	12
40—45	15
35—40	18
30—35	10
25—30	7
20—25	5

हल : उपरोक्त प्रश्न में मूल्य अवरोही क्रम (Descending order) में दिये गये हैं। अतः सूत्र

$$Z = l_2 - \left(\frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \times 1 \right) \text{ का प्रयोग किया जायेगा।}$$

आयु वर्ग (वर्षों में)	आवृत्ति						सर्वाधिक आवृत्ति के वर्गान्तर की संख्या
	1	2	3	4	5	6	
55—60	6	13		25			
50—55	7						
45—50	12	27	19	34			1
40—45	15						1
35—40	18	28	33	43	45		3
30—35	10						6
25—30	7	17		35			3
20—25	5						1

बहुलक वर्गान्तर 35—40 है।

अब सूत्र $Z = l_2 - \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \times 1$ का प्रयोग करने पर

$$l_2 = 40 \text{ (Upper limit of the modal class)}$$

$$\Delta_1 = (f_1 - f_2) 18 - 15 = 3$$

$$\Delta_2 = (f_1 - f_2) 18 - 10 = 8$$

$$i = 5 \text{ (Class interval)}$$

$$Z = 40 - \frac{3}{3 + 8} \times 5$$

$$= 40 - \frac{15}{11}$$

$$= 40 - 1.36 = 38.64$$

$$Z = 38.64 \text{ वर्ष}$$

असमान वर्ग विस्तार (Unequal class interval) : जब श्रेणी की संरचना असमान वर्गान्तरों के आधार पर की गई हो तो बहुलक का निर्धारण करते समय सर्वप्रथम उस श्रेणी को संशोधित करके वर्गान्तर को समान बना लेना उचित रहता है। तत्पश्चात् इस प्रकार संशोधित श्रेणी से बहुलक ज्ञात करना चाहिए।

चूँकि बहुलक अपनी आसपास की आवृत्तियों से प्रभावित होता है, अतः यथासम्भव बहुलक का निर्धारण समान वर्गान्तर वाली श्रेणी में ही करना अधिक उपयुक्त रहता है।

उदाहरण : सूबसुल (*Leucaena leucocephala*) की फलियों में निम्न बीज सख्या वर्गों के और उनका आवृत्ति बटन भी निम्नानुसार या प्राप्त आंकड़ों (Data) से बहुलक ज्ञात करें।

बीज सख्या	0—5	5—7	7—9	9—10	10—12	12—15
आवृत्ति (फलियाँ)	2	3	1	2	9	6
बीज सख्या	15—17	17—19	19—20	20—25	—	—
आवृत्ति (फलियाँ)	2	4	2	6	—	—

हल : सर्व प्रथम असमान वर्गान्तर श्रेणी को संशोधित करके वर्ग विस्तार समान कर लिये जाते हैं। प्रथम वर्गान्तर 0-5, दूसरा 5-10, तीसरा 10-15 और इसी प्रकार अन्तिम वर्गान्तर 20-25 तक के वर्गान्तर बना लेते हैं। जैसा कि नीचे दर्शाया गया है।

बीज की सख्या	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25
आवृत्ति	2	3 + 1 + 2 = 6	9 + 6 = 15	2 + 4 + 2 = 8	6

इस श्रेणी के निरीक्षण से पता चलता है कि श्रेणी का 10-15 बीज सख्याओं वाला वर्ग बहुलक वर्ग है, क्योंकि इसी वर्ग की आवृत्ति सर्वाधिक है। अब सूत्र :

$$Z = l_1 + \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \times i \text{ द्वारा बहुलक मूल्य का आन्तरगणन करेंगे।}$$

$$l_1 = 10 \text{ (Lower limit of modal group)}$$

$$\Delta_1 = (f_1 - f_0) = 15 - 6 = 9$$

$$\Delta_2 = (f_1 - f_2) = 15 - 8 = 7$$

$$i = 5 \text{ (Class interval)}$$

$$Z = 10 + \left(\frac{9}{9 + 7} \times 5 \right)$$

$$= 10 + \frac{45}{16} \text{ or } 10 + 2.81$$

$$= 12.81 \text{ बीज or } 13 \text{ बीज}$$

बहुलक की मुख्य विशेषताएँ (Principal characteristics of mode) :

- (1) बहुलक मूल्य पर असाधारण इकाइयों का प्रभाव नहीं पड़ता है अर्थात् इस माध्य पर श्रेणी के उच्चतम व निम्नतम अंकों का प्रभाव बहुत कम पड़ता है।
- (2) वास्तविक बहुलक के निर्धारण के लिए पर्याप्त गणना की आवश्यकता होती है। यदि आवृत्ति वितरण अनियमित है तो बहुलक का निर्धारण करना भी कठिन होता है।
- (3) बहुलक सर्वाधिक घनत्व वाला बिन्दु होता है, अतः श्रेणी के वितरण का अनुमान सरलता से लगाया जा सकता है।
- (4) बहुलक के लिए बीजगणितीय विवेचन करना सम्भव नहीं होता है।
- (5) सन्निकटित बहुलक आसानी से ज्ञात किया जा सकता है।

बहुलक के गुण (Merits of mode) :

- (1) सरलता : बहुलक को समझना व प्रयोग करना सरल है। मध्यका (Median) की भांति बहुलक भी बहुधा निरीक्षण मात्र से ज्ञात हो जाता है, परन्तु यह स्मरण रखना चाहिए कि यह केवल छण्डित श्रेणी (Discrete series) में ही सम्भव है।
- (2) श्रेष्ठ प्रतिनिधित्व : बहुलक मूल्य के चारों ओर समक श्रेणी के अधिकतम मूल्य केन्द्रित होते हैं अतः यह समक संग्रह के लक्षणों तथा रचना पर भी प्रकाश डालता है।
- (3) छोटे मद्दों की जानकारी से भी बहुलक की गणना सम्भव : बहुलक की गणना के लिए सभी मद्दों की जानकारी की आवश्यकता नहीं रहती, केवल बहुलक वर्ग के आसपास की आवृत्तियाँ ज्ञात होनी चाहिए।
- (4) बिन्दु रेखीय प्रदर्शन सम्भव : बहुलक का निर्धारण रेखा चित्र से भी सम्भव है।
- (5) चरम मूल्यों से कम प्रभावित : इसके मूल्यों पर चरम मद्दों (Extreme items) का प्रभाव नहीं पड़ता क्योंकि यह सभी मूल्यों पर आधारित नहीं होता है।
- (6) सर्वाधिक उपयोगी मूल्य : बहुलक एक व्यावहारिक माध्य है जिसका सार्व भौमिक उपयोग है।
- (7) विभिन्न न्यायार्थों में समान निष्कर्ष : न्यायार्थ के कम या अधिक होने पर भी बहुलक वही रहता है। यह गुण अन्य माध्यों में नहीं होता है।

बहुलक के दोष (Demerits of mode) :--

- (1) अनिश्चित तथा अस्पष्ट : बहुलक ज्ञात करना अनिश्चित तथा अस्पष्ट रहता है। कभी-कभी एक ही समक श्रेणी में एक से अधिक बहुलक उपलब्ध होते हैं।

- (2) **चरम मूल्यों का महत्त्व नहीं :** बहुलक में चरम मूल्यों को कोई महत्त्व नहीं दिया जाता है। अतः जहाँ चरम मूल्यों को महत्त्व देना हो वह माध्य अनुपयोगी रहता है।
- (3) **बीजगणितीय विवेचन कठिन :** बहुलक का बीजगणितीय विवेचन नहीं किया जा सकता, अतः यह अपूर्ण है।
- (4) **वर्ग-विस्तार का अधिक प्रभाव :** बहुलक की गणना में वर्ग विस्तार का बहुत प्रभाव पड़ता है। भिन्न-भिन्न वर्ग-विस्तार के आधार पर वर्गीकरण करने पर बहुलक भी भिन्न-भिन्न आते हैं।
- (5) **कुल योग प्राप्त करना कठिन :** बहुलक को यदि मदों की सख्या से गुणा किया जाए तो मदों के कुल मूल्यों का योग प्राप्त नहीं किया जा सकता।
- (6) **भ्रम पूर्ण निष्कर्ष :** बहुलक, आवृत्तियों पर निर्भर करता है अतः कभी-कभी भ्रमपूर्ण निष्कर्ष भी निकल जाते हैं। यदि किसी उद्यान में 100 पौधों में से 5 पौधों पर 10 पुष्प लगे हैं और शेष 95 पौधों पर 10 से अधिक पुष्प लगे हैं किन्तु प्रत्येक पर पुष्पों की सख्या पृथक पृथक है तो बहुलक पुष्पों की सख्या 10 होगी जो निश्चय ही औसत पुष्पों की सख्या नहीं है।
- (7) **क्रमानुसार रखना :** इसमें मदों को क्रमानुसार रखना आवश्यक है इसके बिना बहुलक ज्ञात करना सम्भव नहीं होता है।

केन्द्रीय प्रवृत्ति की विभिन्न मापों का तुलनात्मक अध्ययन

(Comparative study of different measures
of Central Tendencies)

	समांतर माध्य (Arithmetic mean)	मध्यका (Median)	बहुलक (Mode)
1	दृढ़त परिभाषित।	दृढ़त परिभाषित।	दृढ़त परिभाषित।
2	गणितीय क्रियाओं के योग्य।	गणितीय क्रियाओं के योग्य नहीं।	गणितीय क्रिया के योग्य नहीं।
3	सभी परीक्षणों पर आधारित।	सभी परीक्षणों पर आधारित नहीं।	सभी परीक्षणों पर आधारित नहीं।
4	मध्यका व बहुलक की तुलना में गणना सरल नहीं।	गणना सरल है।	गणना सबसे सरल है।
5	निरीक्षण मात्र से गणना सम्भव नहीं।	निरीक्षण मात्र से गणना सम्भव।	निरीक्षण मात्र से गणना सम्भव।

6	अन्तिम वर्ग के सिरे खुले होने पर गणना नहीं हो सकती है।	सिरे खुले होने पर भी गणना सम्भव	सिरे खुले होने पर भी गणना सम्भव
7	इसका मान प्रायः श्रेणी का मद नहीं होता है।	यह श्रेणी का मद होता है।	यह श्रेणी का मद नहीं होता है।
8	प्रति दर्शों (sample) के उतार-चढ़ाव से अधिक प्रभावित नहीं होता है।	उतार चढ़ाव से प्रभावित हो सकता है।	प्रतिदर्शों के उतार-चढ़ाव से प्रभावित हो सकता है।
9	यह वह मान है जो मदों के लिए सम्भावित है।	यह वह मान है जो कुल बारम्बारता को दो बराबर भागों में बाँटता है।	यह सबसे अधिक विख्यात (popular) मान देता है।

अध्यासार्थ प्रश्न

- (1) केन्द्रीय प्रवृत्ति से क्या अभिप्राय है ? इसके मापने की विभिन्न रीतियों का वर्णन कीजिए।
- (2) केन्द्रीय प्रवृत्ति के विभिन्न मापों का तुलनात्मक विवेचन कीजिए।
- (3) 'सांख्यिकीय माध्य' क्या है ? एक आदर्श माध्य की विशेषताओं का उल्लेख कीजिए।
- (4) (i) समान्तर माध्य की परिभाषा दीजिए एवं इसके गुण व दोष लिखिये।
(ii) बहुलक की परिभाषा दीजिए तथा इसके दोष लिखिये।
- (5) विभिन्न माध्यों के गुणों, दोषों तथा उपयोगों पर प्रकाश डालिए।
- (6) एक उद्यान में निम्न ऊँचाई (cm) के 10 पौधे पाये जाते हैं तो उनकी समान्तर माध्य ऊँचाई ज्ञात करिये।
14.2 cm, 13.5, 14.6, 13.7, 14.5, 15.0, 13.2, 14.5, 12.1, 16.5
(उत्तर 14.21 cm)
- (7) एक वन में विभिन्न वृक्ष निम्न ऊँचाई (ft.) के हैं तो प्राप्त आकड़ों की सहायता से मध्यका तथा बहुलक और समान्तर माध्य की गणना करिये।
25 ft., 15, 23, 40, 27, 25, 23, 25, 20
(उत्तर बहुलक 25, मध्यका 25 व समान्तर माध्य 24.77)
- (8) निम्न तालिका में पपीते (*Carrica papaya*) के विभिन्न पेड़ों पर पाये पपीतों की संख्या दी गयी है, उनका मध्यका ज्ञात करिये —

पपीते की संख्या	20	24	30	32	35	28	26
पेड़ों की संख्या	3	4	9	7	2	8	12

(उत्तर = 28 पपीते)

- (9) निम्न सारणी में सन्तरे के कुछ पेड़ों पर सन्तरे की संख्या दी गयी है। उनका स० माध्य, मध्यका व बहुलक ज्ञात करिये -

सन्तरे की संख्या	(10—25)	(25—40)	(40—55)
पेड़ों की संख्या	6	20	40
सन्तरे की संख्या	(55—70)	(70—85)	(85—100)
पेड़ों की संख्या	26	3	1

(उत्तर स० माध्य = 47.95, मध्यका 48.35, बहुलक 48.57)

- (10) निम्न आयु वर्ग सारणी से समान्तर माध्य, मध्यका व बहुलक ज्ञात करिये -

आयु वर्ग (days)	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50
पौधों की संख्या	31	40	139	29	10

(उत्तर स० मा० = 22.8, मध्यका = 23.7, बहुलक = 24.6)

- (11) यदि किसी एक बगीचे के 100 पौधों की औसत ऊँचाई 3 ft. और दूसरे बगीचे के 80 पौधों की औसत ऊँचाई 3.5 ft. है तो दोनों बगीचों की संयुक्त औसत ऊँचाई ज्ञात करो।

(उत्तर 3.22 ft.)

- (12) निम्न समको से समान्तर माध्य और मध्यका की गणना करिये -

पुष्पों की संख्या	5	6	7	8	9	10	11
पौधों की संख्या	15	18	25	30	12	8	7

(उत्तर स० मा० = 8.2, मध्यका = 7 पुष्प)

- (13) आम के पेड़ों से सम्बन्धित निम्न समको से स० माध्य व मध्यका का परिकलन करिये -

No of Fruits (Below)	10	20	30	40	50	60	70	80
No of Trees	5	11	22	37	56	68	75	80

(उत्तर \bar{X} = 40.75, M = 41.58)

- (14) अश्वगंधा (*Withania somnifera*) के पौधों के निम्न आयु वर्ग (दिन में) व आवृत्ति बटन से समान्तर माध्य (\bar{X}) और मध्यका M की परिगणना करिये -

आयु (दिन)	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30
आवृत्ति	10	25	50	07	13	05

(उत्तर : $X = 12.64$, $M = 12$ दिन)

- (15) निम्न सनको से समान्तर माध्य, मध्यका तथा बहुलक की गणना करिये --

मध्य बिन्दु	14	16	18	20	22	24	26	28
आवृत्ति	1	7	10	44	37	29	9	3

(उत्तर : $X = 21.53$; $M = 21.43$; $Z = 21.93$)

- (16) (a) 30 कपास की गोंठें (Bells) का औसत वजन 110 पौण्ड है। उनमें से 10 कपास की गोंठों का औसत वजन 100 पौण्ड है तथा अन्य 10 गोंठों का 125 पौण्ड है। शेष गोंठों का औसत वजन ज्ञात करिये।
- (b) एक जिले में 500 कृषक हैं। उनकी औसत मक्का की उपज 240 Q है। 200 कृषकों की औसत उपज 250 Q है तो शेष 300 कृषकों की औसत मक्का की उपज ज्ञात करिये।

उत्तर (a) 105 पौण्ड (b) 233.33 Q.

- (17) निम्न तालिका से समान्तर माध्य तथा मध्यका ज्ञात करिये --

Crop Cutting Yield in (kg)	Experiment Data on plot yields of Wheat (No. of Plots)	Crop Cutting yield in (Kg)	Experiment data on Plot yields of Wheat (No. of Plots)
over 0	216	over 240	57
" 60	210	" 300	31
" 120	156	" 360	13
" 180	98	" 420	7

(उत्तर $X = 188.89$ Kg.; $M = 169.65$ kg)

अपकिरण के माप (Measures of Dispersion)

अपकिरण (dispersion) : पिछले अध्याय में हमने केन्द्रीय प्रवृत्ति के माप का वर्णन करते वक्त, यह स्पष्ट किया था कि माध्य एक समक श्रेणी का प्रतिनिधि मूल्य होता है। यह मूल्य उस श्रेणी की माध्य स्थिति या सामान्य स्थिति का परिचायक मात्र होता है। माध्य मूल्यों के आधार पर समक माला की बनावट, सरचना, मद मूल्यों का माध्य मूल्य के सदर्थ में बिखराव या विस्तार आदि के सम्बन्ध में जानकारी प्राप्त करना असम्भव है। अतः केन्द्रीय प्रवृत्ति के मापों (जिन्हें प्रथम श्रेणी के माध्य भी कहते हैं) के आधार पर सांख्यिकीय तथ्यों का विश्लेषण व निष्कर्ष प्रायः अशुद्ध और भ्रामक होता है।

केन्द्रीय प्रवृत्ति के मापों के सम्बन्ध में सिम्पसन और काफ्का (Simpson & Kafka) का कथन है कि “अकेला माध्य पूरी कहानी नहीं कहता। वह समूह का पूर्ण प्रतिनिधित्व नहीं करता जब तक कि हमें यह ज्ञात न हो कि व्यक्तिगत मूल्य उसके चारों ओर किस प्रकार फैले हैं।” नीसवैन्जर (Neiswanger) के मतानुसार समको के दो वितरण सममित (Symmetrical) हो सकते हैं और समान्तर माध्य, मध्यका व बहुलक समान होते हुए भी उनके बिखराव अथवा केन्द्रीय प्रवृत्ति के मापों के चारों ओर के मूल्यों में काफी अन्तर हो सकता है।”

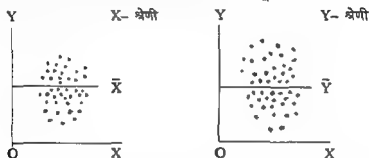
उदाहरणार्थ :- तीन कृषकों का पाँच वर्षों का लाभार्जन निम्नानुसार है। (लाभ हजार रुपये में)

वर्ष	कृषक		
	A	B	C
1	1	8	6
2	2	7	6
3	4	6	6
4	8	5	6
5	15	4	6
माध्य	6	6	6

उपरोक्त उदाहरण में तीनों ही कृषकों का पंचवर्षीय लाभ 6 हजार रु० है, किन्तु इन तीनों कृषकों की आर्थिक स्थिति समान नहीं है क्योंकि कृषक A बहुत तेजी से उन्नति कर रहा है और उसके लाभ प्रति वर्ष लगभग दुगुने हो रहे हैं, जबकि B कृषक के लाभ लगातार गिरते जा रहे हैं। कृषक C का लाभ पाँचों वर्षों में समान है। इस प्रकार माध्य बराबर होने पर भी कृषक A बहुत उन्नति कर रहा है कृषक B लगातार अवनति की ओर जा रहा है और कृषक C की स्थिति स्थिर है। उपरोक्त उदाहरण से हम इस निष्कर्ष

पर पहुँचते हैं कि पहले कृषक (A) के लाभ सम्बन्धी आँकड़ों में विचरण अधिक है और बिखराव ज्यादा है। दूसरे कृषक (B) के लाभ के आँकों के बिखराव में एक नियमितता है तथा तीसरे कृषक (C) के आँकों में कोई परिवर्तन ही नहीं है। अतः माध्य किसी एक माला का प्रतिनिधि मूल्य होते हुए भी उस माला की बनावट की वास्तविक स्थिति स्पष्ट नहीं करता है और आँकों के विस्तार या भिन्नता की मात्रा का प्रदर्शन भी नहीं करता है जो उनकी वास्तविक स्थिति ज्ञात करने के लिए आवश्यक है।

उपरोक्त रेखा चित्रों से स्पष्ट है कि दोनों श्रेणियों में मूल्यों का बिखराव भिन्न है।



यह बिखराव श्रेणी 'x' (x-series) में कम है जबकि श्रेणी 'y' (y-series) में 'x' श्रेणी की तुलना में बिखराव ज्यादा है। इस फैलाव का अध्ययन केन्द्रीय प्रवृत्ति के मापों (माध्य, मध्यका व बहुलक) की सहायता से नहीं किया जा सकता। अतः समक माला के बिखराव के अध्ययन हेतु अपकिरण के मापों का अध्ययन आवश्यक है। अपकिरण के मापों को द्वितीय श्रेणी के औसत (Averages of second order) भी कहते हैं।

केन्द्रीय प्रवृत्ति तथा संरचना के आधार पर समक मालाएँ (Series) दो प्रकार की होती हैं।

- (1) समक माला की संरचना में समानता किन्तु माध्यों में भिन्नता।
- (2) समक माला की संरचना में भिन्नता किन्तु माध्यों में समानता।

समक मालाओं में उपरोक्त दोनों प्रकार के अन्तर होने के कारण केवल मात्र माध्य के आधार पर सही निष्कर्ष नहीं निकाले जा सकते हैं। समक मालाओं की संरचना व स्वरूप के बारे में भी सम्यक सूचना प्राप्त करना अनिवार्य है।

समकों के सम्पूर्ण मौलिक लक्षणों की प्रस्तुति हेतु निम्न चार माप ज्ञात किये जाते हैं :

- (1) केन्द्रीय प्रवृत्ति के माप (Measures of Central Tendency) : इस माप के द्वारा समक माला का प्रतिनिधि मूल्य ज्ञात हो जाता है।
- (2) अपकिरण के माप (Measures of Dispersion) : इस माप से यह स्पष्ट होता है कि समक श्रेणी में विभिन्न मूल्य, माध्य मूल्य से कितनी औसत दूरी पर फैले हैं।

- (3) विषमता के माप (Measures of Skewness) : इस माप से समको के बिखराव की दिशा की जानकारी प्राप्त होती है ।
- (4) पृथुशीर्षत्व के माप (Measures of Kurtosis) : ये आवृत्ति बटन के नुकीलेपन या चपटेपन के माप है ।

अपकिरण की परिभाषा (Definition of Dispersion): अपकिरण का शाब्दिक अर्थ फैलाव या प्रसार है । डॉ० बाउले (Bowley) के अनुसार “अपकिरण मंदों के विचलन (variation) का माप है ।” इस प्रकार अपकिरण किसी श्रेणी के मंद मूल्यों के बिखराव या विचरण की सीमा प्रदर्शित करता है । कॉनर (Connor) के शब्दों में “जिस सीमा तक व्यक्तिगत मंद मूल्यों से भिन्नता होती है उसके माप को अपकिरण कहते हैं ।” स्पीगेल (Spiegel) के मत में “वह सीमा जहाँ तक समक एक माध्य मूल्य के दोनों ओर फैलने की प्रवृत्ति रखते हैं उन समको का विचरण या अपकिरण कहलाती है ।”

अपकिरण के उद्देश्य (Objects of Dispersion): अपकिरण के विभिन्न माप निम्न उद्देश्यों की पूर्ति के लिए ज्ञात किये जाते हैं :

- (1) समक श्रेणी के माध्य से विभिन्न पद मूल्यों की औसत दूरी ज्ञात करना ।
- (2) समक माला की संरचना के बारे में जानकारी प्राप्त करना या दूसरे शब्दों में यह ज्ञात करना कि पद मूल्यों का माध्य के दोनों ओर बिखराव कैसा है ।
- (3) समको (पद मूल्यों) का सीमा विस्तार ज्ञात करना ।
- (4) दो या अधिक समक मालाओं में पाई जाने वाली असमानताओं या संरचना में भिन्नता का तुलनात्मक अध्ययन करना एवं यह निश्चित करना कि किस श्रेणी में विचरण अधिक है ।
- (5) माध्य, समक श्रेणी का किस सीमा तक प्रतिनिधित्व करते हैं यह जानकारी प्राप्त करना ।

उपरोक्त उद्देश्यों के कारण अपकिरण का माप कृषि और जीव विज्ञान के विभिन्न क्षेत्रों में किये गये प्रयोगों के परिणामों के तुलनात्मक अध्ययन द्वारा निष्कर्ष निकालने के लिए अपकिरण के विभिन्न माप अत्यन्त उपयोगी सिद्ध होते हैं । इसके अतिरिक्त कृषि व मत्स्य उद्योग में उत्पादन नियन्त्रण व गुणवत्ता नियन्त्रण (Quality Control) के लिए भी अपकिरण का ज्ञान अत्यन्त लाभदायक होता है ।

अपकिरण के विभिन्न माप ज्ञात करने की विधियाँ (Methods of measuring different Measures of Dispersion) : अपकिरण ज्ञात करने की निम्नोक्त प्रमुख विधियाँ हैं :

- (1) सीमान्तर विधि (Methods of Limits) :
 - (a) विस्तार (Range)
 - (b) अन्तर चतुर्थक विस्तार (Inter Quartile Range)
 - (c) शतमक विस्तार (Percentile Range)

(2) विचलन माध्य विधि (Method of Averaging Deviations) :

- (a) चतुर्थक विचलन (Quartile Deviation)
- (b) माध्य विचलन (Mean Deviation)
- (c) प्रमाण विचलन (Standard Deviation)
- (d) अन्य माप (Other measures)

(3) बिन्दु रेखीय विधि (Graphic Method) :

- (a) लॉरेन्ज वक्र (Lorenz Curve)

विस्तार (Range)

किसी समक श्रेणी में सर्वाधिक मूल्य (Largest value) और न्यूनतम मूल्य (Lowest or smallest value) के अन्तर या अपकिरण को विस्तार कहते हैं। यह अन्तर यदि कम है तो श्रेणी नियमित या स्थिर कहलावेगी। इसके विपरीत यदि यह अन्तर अधिक है तो श्रेणी अनियमित कहलाती है।

विस्तार की परिगणना (Calculation of Range) अधिकतम और न्यूनतम मूल्यों का पता लगाते हैं। अविच्छिन्न श्रेणी में (Continuous series) में न्यूनतम वर्ग की अधर सीमा (Lower limit) को न्यूनतम मूल्य और अधिकतम वर्ग की अपर सीमा (Upper limit) को अधिकतम मूल्य माना जाता है। विस्तार ज्ञात करते समय आवृत्तियों (frequencies) पर ध्यान नहीं दिया जाता है। विस्तार की गणना केवल मूल्यों (मापों या आकारों) के अन्तर के आधार पर ही की जाती है।

$$\begin{aligned} \text{विस्तार} &= \text{अधिकतम मूल्य} - \text{न्यूनतममूल्य} \\ (\text{Range}) &= (\text{Highest value}) - (\text{Lowest value}) \\ R &= (H) - (L) \end{aligned}$$

विस्तार गुणांक (Coefficient of Range) : विस्तार का माप निरपेक्ष (Absolute) होता है इसलिए इसकी तुलना अन्य श्रेणियों से ठीक प्रकार से नहीं की जा सकती अपकिरण के तुलनात्मक अध्ययन हेतु विस्तार का सापेक्ष माप (Relative measure of Range) ज्ञात करना अनिवार्य होता है। विस्तार गुणांक की परिगणना निम्न सूत्र के प्रयोग द्वारा की जाती है -

$$\text{विस्तार गुणांक (Coefficient of Range)} = \frac{H - L}{H + L}$$

सूत्र में --

H = Highest value (अपर मूल्य)

L = Lowest value (अधर मूल्य)

उदाहरण : व्यक्तिगत श्रेणी में विस्तार (Range in Individual series)

एक बगीचे में तीन क्यारियों में निम्न प्रजातियों के पौधों पर पुष्प निम्न प्रकार से लगे हैं तो विस्तार (Range) की गणना कर उनकी तुलना कीजिए :

<i>Lathyrus odoratus</i>	5, 3, 8, 7, 4, 6, 12, 5
<i>Vinca rosea</i>	15, 13, 18, 20, 10, 12, 11
<i>Calendula</i>	6, 1, 8, 7, 5, 4, 3, 2

हल :

$$\text{Range} = (H - L)$$

<i>Lathyrus</i>	<i>Vinca</i>	<i>Calendula</i>
H = 12	H = 20	H = 8
L = 3	L = 10	L = 1
Range = 9 Flowers	= 10 Flowers	= 7 Flowers

तीनों प्रजातियों के पुष्पों की संख्या समूह की तुलना हेतु विस्तार गुणांक (Coefficient of Range) की परिगणना करनी होगी जो निम्न वत है।

$$\text{Coefficient of Range} = \frac{H - L}{H + L}$$

$$\begin{aligned} \text{Lathyrus} &= \frac{12 - 3}{12 + 3} = \frac{9}{15} = 0.60 \\ \text{Vinca} &= \frac{20 - 10}{20 + 10} = \frac{10}{30} = 0.33 \\ \text{Calendula} &= \frac{8 - 1}{8 + 1} = \frac{7}{9} = 0.77 \end{aligned}$$

अतः विस्तार गुणांक *Lathyrus* का 0.60, *Vinca* का 0.33 और *Calendula* का 0.77 है। स्पष्ट है कि *Calendula* में विचरणता सर्वाधिक है और *Vinca* में यह न्यूनतम है।

(B) चरित श्रेणी में विस्तार (Range in Discrete series) : एक उद्यान में सूरजमुखी (*Helianthus annuus*) के पौधे निम्न आयु के हैं तो प्राप्त समको से विस्तार गुणांक का परिकलन करिये।

आयु (दिन में)	4	6	8	10	12	14
आवृत्ति	2	3	5	7	2	1

हल :

$$\begin{aligned} \text{विस्तार (R)} &= H - L \\ H &= 14 \text{ days} \\ L &= 4 \text{ days} \\ R &= 14 - 4 = 10 \text{ days} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coefficient of Range} &= \frac{H - L}{H + L} = \frac{14 - 4}{14 + 4} \\ &= \frac{10}{18} = 0.55 \end{aligned}$$

टिप्पणी : इस उदाहरण से यह स्पष्ट है कि विस्तार की गणना करते वक्त आवृत्ति बंटन पर ध्यान नहीं दिया जाता है, मात्र मूल्यों का ही अन्तर किया जाता है।

(C) सतत् श्रेणी में विस्तार (Range in continuous series) :

(i) अपवर्जी सतत् श्रेणी (Exclusive continuous series) : नीबू (Citrus) से सम्बन्धित निम्न समको से विस्तार की परिगणना कीजिए।

फल्लों की संख्या	शीर्षों की संख्या
5—10	2
10—15	5
15—20	8
20—25	12
25—30	6

हल :

$$\begin{aligned}\text{Range (R)} &= H - L \\ &= 30 - 5 = 25 \text{ Fruits}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Coefficient of Range} &= \frac{H - L}{H + L} = \frac{30 - 5}{30 + 5} \\ &= \frac{25}{35} = 0.71\end{aligned}$$

अपवर्जी श्रेणी में न्यूनतम वर्ग की अधर सीमा (Lower limits) को न्यूनतम मूल्य और अधिकतम वर्ग की अपर सीमा (Upper limit) को अधिकतम मूल्य माना जाता है।

समावेशी श्रेणी (Inclusive series) : एक पीपशाता में शीशम (*Dalbergia*) के पीपे निम्न आयु वर्ग के अनुसार हैं। प्राप्त समको से विस्तार की गणना कीजिए :

पीपों की आयु (in days)	शीर्षों की संख्या
1—5	5
6—10	10
11—15	12
16—20	18
21—25	20

हल : समावेशी श्रेणी में अधिकतम व न्यूनतम मूल्य ज्ञात करने के पूर्व विभिन्न वर्गों की वास्तविक सीमाओं का अभिनिर्धारण करना आवश्यक है। अतः उपरोक्त समको माला को वास्तविक सीमा निर्धारण के बाद निम्नानुसार लिखकर गणना करेंगे।

आयु वर्ग (days)	वास्तविक सीमा (days)	घोषों की संख्या
1—5	0.5—5.5	5
6—10	5.5—10.5	10
11—15	10.5—15.5	12
16—20	15.5—20.5	18
21—25	20.5—25.5	20

$$\text{Range (R)} = H - L = 25.5 - 0.5 = 25 \text{ days}$$

$$\begin{aligned} \text{Coefficient of Range} &= \frac{H - L}{H + L} = \frac{25.5 - 0.5}{25.5 + 0.5} \\ &= \frac{25}{26} = 0.96 \end{aligned}$$

यहाँ यह ध्यान रखने योग्य है कि विस्तार में इकाई लिखी जानी चाहिए जबकि विस्तार गुणांक (Coefficient of Range) की कोई इकाई नहीं लिखी जाती है।

विस्तार के गुण (Merits of Range) :

- (1) सरल व सुगम : विस्तार की गणना अत्यन्त सरल व समझने और निर्वचन में सुविधाजनक है।
- (2) सीमाओं का निर्धारण : विस्तार उन सीमाओं को स्पष्ट कर देता है जिनके मध्य पदों के मूल्यों का फैलाव है, अतः यह विचलन का एक विस्तृत चित्र दर्शाता है।
- (3) विस्तृत प्रयोग : विस्तार का प्रयोग उत्पाद के गुण नियन्त्रण, भौगोलिक अध्ययन व किसी वर्ग श्रेणी के न्यूनतम और सर्वाधिक मूल्यों के लिए उपयोगी है।
- (4) आवृत्ति बंटन से अप्रभावित : विस्तार की गणना हेतु आवृत्तियों की आवश्यकता नहीं होती, केवल मात्र मूल्यों पर ही ध्यान दिया जाता है, इस प्रकार विस्तार आवृत्ति बंटन से अप्रभावित रहता है।

विस्तार के दोष (Demerits of Range):

- (1) अवैज्ञानिक माप : विस्तार एक अवैज्ञानिक माप है क्योंकि इसमें माध्यों की उपेक्षा की जाती है। माध्य से मद मूल्यों का अन्तर अथवा आपस में मदों के मूल्यों का फैलाव इससे ज्ञात नहीं हो पाता है। यह सम्भव है कि दो पद श्रेणियों का विस्तार समान हो परन्तु आवृत्ति में अत्यधिक अन्तर हो।
- (2) अनिश्चित : विस्तार अपकिरण का एक अनिश्चित माप है। यदि श्रेणी के केवल न्यूनतम या अधिकतम मूल्यों में परिवर्तन हो जाये तो विस्तार परिवर्तित हो जायेगा।
- (3) श्रेणी के समस्त मूल्यों को महत्व नहीं : विस्तार में सभी मूल्यों पर ध्यान नहीं दिया जाता केवल उच्चतम व निम्नतम मूल्यों को ही महत्व दिया जाता है, अतः इसे सभी मूल्यों का प्रतिनिधि नहीं कहा जा सकता।

माध्य विचलन (Mean Deviation)

समक श्रेणी के सभी पदों के मूल्यों के श्रेणी के किसी एक माध्य (समान्तर माध्य, मध्यका या बहुलक) से विचलनों (Deviations) के समान्तर माध्य को माध्य विचलन कहते हैं तथा इसे समान्यतया ग्रीक अक्षर 'δ' (small delta) से प्रदर्शित करते हैं। माध्य विचलन की गणना में सभी पदों के विचलनों को घनात्मक लेते हैं, अर्थात् उनका चिन्ह (+ या -) छोड़ देते हैं। इस प्रकार प्राप्त विचलनों को योग करके कुल मद सख्या से भाग देने पर जो सख्या प्राप्त होती है, उसे माध्य विचलन कहते हैं। माध्य विचलन जितना अधिक होता है उस श्रेणी में अपकिरण या फैलाव उतना ही अधिक होता है।

माध्य विचलन की गणना हेतु निम्न क्रिया विधि अपनाई जाती है :

- (i) **माध्य का चुनाव :** माध्य विचलन की गणना में सैद्धान्तिक रूप से किसी भी माध्य (स० मा०, मध्यका या बहुलक) का प्रयोग किया जा सकता है, किन्तु व्यवहार में मध्यका (या कभी समान्तर माध्य) का ही प्रयोग किया जाता है। समान्तर माध्य व मध्यका में से भी मध्यका का प्रयोग श्रेयस्कर समझा जाता है क्योंकि मध्यका स्थिर व निश्चित माध्य है और इससे लिये गये पदों के विचलनों का योग कम होता है।
- (ii) **बीजगणितीय चिन्हों की उपेक्षा :** माध्यसे विचलन लेते वक्त कुछ विचलन घनात्मक व कुछ ऋणात्मक प्राप्त होते हैं किन्तु सभी विचलनों को घनात्मक ही मान लिया जाता है अर्थात् योग करते समय इनके (विचलनों के) चिन्हों की उपेक्षा कर दी जाती है। विचलनों को व्यक्त करने हेतु 'd' चिन्ह का प्रयोग किया जाता है। इन विचलनों (d) के दोनों ओर दो सीपी रेखाएँ \parallel (modulus) खींच दी जाती हैं इस तरह $|d|$ का अर्थ है विचलन की गणना करते समय ऋणात्मक चिन्हों का ध्यान नहीं रखा गया है।
- (iii) **विचलनों का योग एवम् माध्य की गणना :** सभी प्राप्त विचलनों का योग करके उसमें पदों की सख्या (N) से भाग दे दिया जाता है व प्राप्त सख्या को माध्य विचलन कहते हैं। यदि माध्य विचलन क्रमशः समान्तर माध्य, मध्यका व बहुलक से ज्ञात किया जाता है तो उन्हें क्रमशः $\delta\bar{X}$, δM व δZ संकेताक्षरों से प्रदर्शित करते हैं।

माध्य विचलन गुणांक (Coefficient of Mean Deviation) माध्य विचलन अपकिरण का एक निरपेक्ष माप है श्रेणियों के तुलनात्मक अध्ययन हेतु माध्य विचलन का सापेक्ष माप ज्ञात किया जाता है। इसे माध्य विचलन का गुणांक (Coefficient of Mean Deviation) कहते हैं। माध्य विचलन के गुणांक की परिगणना हेतु माध्य विचलन को उस माध्य से विभाजित कर देते हैं जिससे विचलन निकाला गया है।

माध्य विचलन का गुणांक

$$(a) \quad \text{स० माध्य से} \quad = \quad \frac{\delta \bar{X}}{\bar{X}}$$

$$\text{मनान्तर माध्य} \quad \bar{x} = \frac{\Sigma x}{N} = \frac{55}{5} = 11$$

$$\text{माध्य विचलन} \quad \overline{\delta x} = \frac{\Sigma |d\bar{x}|}{N} = \frac{17}{5} = 3.40$$

$$\begin{aligned} \text{माध्य विचलन गुणांक} &= \frac{\overline{\delta x}}{N} = \frac{3.40}{5} \\ &= 0.68 \end{aligned}$$

यदि उपरोक्त उदाहरण में माध्य विचलन की गणना मध्यका से की जाये तो सर्वप्रथम श्रेणी के समको को आरोही या अवरोही (Ascending or descending) क्रम में रख कर मध्यका की गणना करते हैं, तत्पश्चात् मध्यका मूल्य से विचलन लेकर माध्य विचलन की गणना की जाती है जैसा कि :

अनार के पेड़	अनार	मध्यका से विचलन
	X	M = 12 dM = X - M
A	5	7
B	10	2
C	12	0
E	13	1
D	15	3
योग		$\Sigma dM = 13$

$$\begin{aligned} \text{मध्यका } M &= \text{value of } \left(\frac{N+1}{2} \right)^{\text{th}} \text{ item} \\ &= \frac{5+1}{2} = \frac{6}{2} = 3^{\text{rd}} \text{ item} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= 12 \\ \text{मध्यका से माध्य विचलन} \quad \overline{\delta M} &= \frac{\Sigma |dM|}{N} \\ &= \frac{13}{5} = 2.60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{मध्यका से माध्य विचलन गुणांक} &= \frac{\overline{\delta M}}{N} \\ &= \frac{2.60}{5} = 0.52 \end{aligned}$$

छण्डित श्रेणी (Discrete series) :

प्रत्यक्ष रीति : प्रत्यक्ष रीति से छण्डित श्रेणी में माध्य विचलन की परिगणना निम्न क्रिया विधि द्वारा की जाती है :

- (1) जिस माध्य के आधार पर माध्य विचलन की गणना की जाती है उस प्रथम उस माध्य की गणना करते हैं।
- (2) उस माध्य से प्रत्येक पद मूल्यों का विचलन (कृणात्मक चिन्हों को छोड़ते हुए) ज्ञात करते हैं। (I d I)
- (3) सभी विचलनों को सम्बन्धित आवृत्ति से गुणा करके प्राप्त गुणन फलों का योग ज्ञात करते हैं। ($\sum f d I$)
- (4) निम्न सूत्र से माध्य विचलन ज्ञात करते हैं।

$$\delta M = \frac{\sum f |d M|}{N}, \delta \bar{x} = \frac{\sum f |d \bar{x}|}{N}, \delta z = \frac{\sum f |d z|}{N}$$

- (5) माध्य विचलन का गुणांक ज्ञात करने हेतु माध्य विचलन को उस माध्य से विभाजित किया जाता है जिससे ये विचलन लिए गये हैं।

उदाहरण :- मटर (*Pisum sativum*) के विभिन्न पौधों पर मटर की फलियाँ निम्न प्रकार से लगी हैं तो प्राप्त समको से समान्तर माध्य व मध्यका द्वारा माध्य विचलन और माध्य विचलन गुणांक निकालिये -

मटर की फलियाँ (X)	4	6	8	10	12	14	16
मटर के पौधे (f)	2	4	5	3	2	1	4

हल समान्तर माध्य के आधार पर माध्य विचलन की गणना

मटर की फलियाँ (X)	पौधे (f)	$f \times X$	समान्तर माध्य (9.71) से विचलन $ dx $	कुल विचलन $f dx $
4	2	8	5.71	11.42
6	4	24	3.71	14.84
8	5	40	1.71	8.55
10	3	30	0.29	0.87
12	2	24	2.29	4.58
14	1	14	4.29	4.29
16	4	64	6.29	25.16
	N=21	$\sum fx = 204$		$\sum f dx = 69.71$

$$\begin{aligned} \text{समान्तर माध्य } (\bar{x}) &= \frac{\sum fx}{N} = \frac{204}{21} \\ &= 9.71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{माध्य विचलन } \delta \bar{X} &= \frac{\sum f |d \bar{X}|}{N} \\ &= \frac{69.71}{21} = 3.319\end{aligned}$$

$$\text{माध्य विचलन गुणांक } \frac{\delta \bar{X}}{\bar{X}} = \frac{3.319}{9.71} = 0.342$$

माध्यका के आधार पर माध्य विचलन की गणना :---

मटर की फलियाँ (X)	पौधों की संख्या (f)	संचयी आवृत्ति C.f	आवृत्ति X फलियाँ f.X	माध्यका (8) से विचलन dM	कुल विचलन f dM
4	2	2	8	4	8
6	4	6	24	2	8
8	5	11	40	0	0
10	3	14	30	2	6
12	2	16	24	4	8
14	1	17	14	6	6
16	4	21	64	8	32
	N = 21				$\sum f dM = 68$

$$\text{माध्यका } M = \text{value of } \left(\frac{N+1}{2} \right)^{\text{th}} \text{ item} = \frac{21+1}{2} = \frac{22}{2}$$

$$M = 11^{\text{th}} \text{ item} = 8$$

$$M = 8$$

$$\text{माध्य विचलन } \delta M = \frac{\sum f |dM|}{N} = \frac{68}{21} = 3.23$$

$$\delta M = 3.23$$

$$\text{माध्य विचलन गुणांक} = \frac{\delta M}{M} = \frac{3.23}{8}$$

$$= 0.403$$

सतत् श्रेणी में माध्य विचलन (Mean Deviation In Continuous Series):

सतत् श्रेणी में वर्गान्तर समूहों के मध्य बिन्दु (Mid points) ज्ञात करके इसे (सतत् श्रेणी को) खण्डित श्रेणी में परिवर्तित कर लेते हैं व मध्य बिन्दु को उस श्रेणी का मध्यम मूल्य (x) मान लिया जाता है। शेष समस्त क्रियाएँ खण्डित श्रेणी के समान ही रहती हैं।

उदाहरण : निम्न सारणी में प्रस्तुत बाँस (Bamboo) के पौधों की लम्बाई व आवृत्ति से माध्य विचलन व माध्य विचलन गुणांक का परिकलन कीजिए :

Length (mm)	118—126	127—135	136—144	145—153	154—162
Frequency	3	5	9	12	5
Length (mm)	163—171	172—180			
Frequency	4	2			

हल : इस श्रेणी का रूप समानेशी है अतः सर्वप्रथम विभिन्न वर्गों की वास्तविक सीमाओं का निर्धारण करेंगे व उसके बाद माध्य व मध्यका की गणना करेंगे :

Length (mm)	Frequency (f)	Mid Point (X)	Step Variation from (dx')	Total Variation f.dx'	Cumulative Frequency cf
117.5—126.5	3	122	—3	—9	3
126.5—135.5	5	131	—2	—10	8
135.5—144.5	9	140	—1	—9	17
144.5—153.5	12	149	0	0	29
153.5—162.5	5	158	+1	+5	34
162.5—171.5	4	167	+2	+8	38
171.5—180.5	2	176	+3	+6	40
Total	N = 40			—28 + 19 = —9 Σf dx' = —9	—

$$\begin{aligned}
 \text{समान्तर माध्य} \quad \bar{x} &= A + \frac{\Sigma f \cdot dx'}{N} \times i = 149 + \frac{-9}{40} \times 9 \\
 &= 149 - \frac{81}{40} = 149 - 2.025 \\
 \bar{x} &= 146.975 \text{ mm or } 146.98 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{मध्यका} \quad M &= \left(\frac{N}{2} \right)^{\text{th}} \text{ item size} \\
 &= \frac{40}{2} = 20^{\text{th}} \text{ item}
 \end{aligned}$$

20th item सचयी आवृत्ति 29 में सम्मिलित है जिसका वर्ग समूह 144.5 — 153.5 है।

$$\begin{aligned}
 \text{अतः } M &= l_1 + \frac{1}{f}(m-c) \\
 &= 144.5 + \frac{9}{12}(20-17) \\
 &= 144.5 + \frac{9 \times 3}{12} = 144.5 + 2.25 \\
 &= 146.75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Calculation of Mean Deviation

Length (mm)	Frequency (f)	Mid Value (X)	Dev from M = 146.75 (ignoring \pm)	f dM	Dev from $\bar{x} = 146.98$ (ignoring \pm)	f dx
117.5—126.5	3	122	24.75	74.25	24.98	74.94
126.5—135.5	5	131	15.75	78.75	15.98	79.90
135.5—144.5	9	140	6.75	60.75	6.98	62.82
144.5—153.5	12	149	2.25	27.00	2.02	24.24
153.5—162.5	5	158	11.25	56.25	11.02	55.10
162.5—171.5	4	167	20.25	81.00	20.02	80.08
171.5—180.5	2	176	29.25	58.50	29.02	58.04
Total	40	—	—	436.50	—	435.12

$$\delta M = \frac{\Sigma f|dM|}{N} = \frac{436.50}{40}$$

$$= 10.91 \text{ mm}$$

माध्यक से

$$\delta \bar{x} = \frac{\Sigma f|dx|}{N} = \frac{435.12}{40}$$

$$= 10.88 \text{ mm}$$

$$\text{माध्य विचलन का गुणांक} = \frac{\delta M}{M} = \frac{10.91}{146.75}$$

$$= 0.075$$

$$\text{स० माध्य से माध्य विचलन का गुणांक} = \frac{\delta \bar{x}}{\bar{x}} = \frac{10.88}{146.98}$$

$$= 0.074$$

माध्य विचलन के गुण (Merits of Mean Deviation)

- (1) गणना सरल — अपकिरण के अन्य मापों की तुलना में माध्य विचलन की गणना सरल है तथा इसे शीघ्रता से समझा जा सकता है।
- (2) प्रत्येक माध्य से सम्बन्ध — माध्य विचलन की गणना माध्य माध्यक अथवा बहुलक में से किसी को भी आधार मान कर की जा सकती है।

- (3) सभी पद मूल्यों पर आधारित -- यह समक माला के सभी पद मूल्यों पर आधारित है तथा इस की गणना किसी भी माध्य से लिए गये विभिन्न पदों के विचलनों से की जा सकती है।
- (4) चरम मूल्यों से कम प्रभावित -- यह श्रेणी के चरम मूल्यों से कम प्रभावित होता है।
- (5) वितरण को महत्व -- माध्य विचलन से ही वितरण के महत्व को स्पष्ट किया जा सकता है।
- (6) समस्त मूल्यों को सापेक्ष महत्व -- यह समस्त पद मूल्यों को सापेक्ष महत्व देता है।
- (7) निश्चित -- यह अपकिरण का एक निश्चित माप है और इनका मूल्य शुद्ध अंक तक निकाला जा सकता है।

माध्य विचलन के दोष (Demerits of Mean Deviation) :

- (1) चिन्हों की उपेक्षा -- माध्य विचलन की परिगणना में बीज गणितीय चिन्हों (+) या (-) को छोड़ दिया जाता है व सभी विचलनों को धनात्मक मान कर जोड़ लिया जाता है जिसे बीज गणितीय दृष्टि से शुद्ध नहीं माना जाता है।
- (2) अविश्वसनीय : कई परिस्थितियों में माध्य विचलन असन्तोष जनक परिणाम देता है, बहुतक मूल्य अनिश्चित होने के कारण, उससे माध्य विचलन ज्ञात करना ही अनुपयुक्त है।
- (3) समानता का अभाव : माध्य विचलन की गणना अलग-अलग माध्यों को आधार मान कर ज्ञात करने पर माध्य विचलन भिन्न-भिन्न प्राप्त होते हैं एवम् इनमें समानता का अभाव पाया जाता है।



प्रमाण विचलन (Standard Deviation)

प्रमाण विचलन के विचार की कल्पना कार्ल पियर्सन (Karl Pearson) ने सन् 1893 में की थी। यह अपकिरण को मापने की सबसे लोक प्रिय, आदर्श और वैज्ञानिक रीति है। प्रमाण विचरण का प्रयोग सांख्यिकी व जैव सांख्यिकी में विभिन्न प्रयोगों के भिन्न-भिन्न प्रतिदर्शों से प्राप्त परिणामों में विचलन और तुलनात्मक अध्ययन हेतु सर्वाधिक किया जाता है। प्रमाण या मानक विचलन की प्रमुख विशेषताएँ हैं कि :

- (1) पद मूल्यों के विचलन सदैव समान्तर माध्य से ही ज्ञात किये जाते हैं।
- (2) बीज गणितीय चिन्ह (+) या (-) को छोड़ा नहीं जाता है बल्कि प्राप्त विचलनों के वर्ग (Square) कर लिए जाते हैं। प्राप्त वर्गों के योग में कुल मदों की संख्या को भाग देकर वर्गमूल (Square root) ले लेते हैं। प्राप्त अंक को प्रमाण विचलन कहते हैं।

परिभाषा : किसी समक श्रेणी के समान्तर माध्य से लिए गये उस श्रेणी के विभिन्न पद मूल्यों के विचलनों के वर्गों के माध्य का वर्गमूल, उस श्रेणी का मानक या प्रमाण विचलन कहलाता है। मानक विचलन को ग्रीक शब्द “ σ ” सिग्मा (Small sigma) से प्रदर्शित करते हैं। वर्गमूल से पूर्व जो मूल्य प्राप्त होता है उसे विचरणक या प्रसरण (variance) कहते हैं।

प्रमाण विचलन गुणांक (Coefficient of S. D.) दो श्रेणियों के तुलनात्मक अध्ययन के लिए प्रमाण विचलन का सापेक्ष माप (Relative Measure of Standard Deviation) ज्ञात किया जाता है जिसे प्रमाण विचलन गुणांक (Coefficient of Standard Deviation) कहते हैं। प्रमाण विचलन गुणांक ज्ञात करने के लिए प्रमाण विचलन (σ) में समान्तर माध्य (\bar{x}) से भाग दिया जाता है।

$$\text{प्रमाण विचलन गुणांक Coefficient of S.D} = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

माध्य विचलन व प्रमाण विचलन में भिन्नता

माध्य विचलन (Mean Deviation)	प्रमाण विचलन (Standard Deviation)
1 विचलन समान्तर माध्य, मध्यका या बहुलक से लिये जा सकते हैं।	1 विचलन सिर्फ समान्तर माध्य से ही लिये जाते हैं।
2 विचलनों के बीजगणितीय चिन्हों (+ व —) को छोड़ दिया जाता है अर्थात् ऋणात्मक विचलन भी घनात्मक मान लिये जाते हैं।	2 बीजगणितीय चिन्हों को छोड़ा नहीं जाता बल्कि प्राप्त विचलनों के वर्ग कर लिए जाते हैं जिससे ऋणात्मक विचलन भी घनात्मक विचलन में परिवर्तित हो जाते हैं।
3 यह निरपेक्ष विचलनों का औसत (साधारण समान्तर माध्य) मात्र होता है।	3 यह विचलनों के वर्गों के माध्य (समान्तर माध्य) का वर्गमूल होता है।
4 इसमें गणितीय गुण का अभाव होता है क्योंकि यह निरपेक्ष मूल्यों पर आधारित है।	4 इसमें गणितीय गुण पाये जाते हैं क्योंकि इसमें बीजगणितीय चिन्हों को छोड़ा नहीं जाता है।
5 जब समान्तर माध्य, मध्यका या बहुलक पूर्णांक में होते हैं तो इसकी गणना सरल होती है।	5 विचलनों के वर्ग ज्ञात करने के कारण इसकी परिगणना कुछ कठिन अवश्य है किन्तु यह सभी स्थितियों में (चाहे समान्तर माध्य, पूर्णांक हो या दशमलवोंक) उपयुक्त होता है।

प्रमाप विचलन की गणना विधि (Calculation of S D) प्रमाप विचलन ज्ञात करने की दो विधियों है ।

- (1) प्रत्यक्ष विधि (Direct method)
- (2) लघु विधि (Shortcut method)

प्रत्यक्ष विधि (Direct method) -- समान्तर माध्य (\bar{x}) यदि पूर्णांक (Whole Number) में प्राप्त हो तो इस विधि द्वारा गणना सरल रहती है । किन्तु समान्तर माध्य (\bar{x}) के दशमलववाँक में होने पर लघु रीति का प्रयोग अपेक्षा कृत सरल होता है ।

व्यक्तिगत श्रेणी में प्रमाप विचलन

- (1) समको का सर्व प्रथम समान्तर माध्य (\bar{x}) ज्ञात करते है ।
- (2) तत्पश्चात् समान्तर माध्य से समस्त पद मूल्यों के विचलन (d) ज्ञात करते हैं, विचलन $(d) = (x - \bar{x})$
- (3) विचलनों के वर्ग (d^2) लेकर उनका योग करते है (Σd^2)
- (4) विचलनों के वर्गों के योग (Σd^2) में पदों की कुल सख्या N का भाग देते है $\left(\frac{\Sigma d^2}{N} \right)$
- (5) अब $\left(\frac{\Sigma d^2}{N} \right)$ से प्राप्त सख्या का वर्गमूल लेते है यही प्रमाप विचलन (σ) होता है,

$$\text{सूत्रवत् } \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{N}} \quad \text{अथवा} \quad \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{N}}$$

यहाँ $\frac{\Sigma d^2}{N}$ = प्रमाप विचलन (Standard Deviation)

Σd^2 या $\Sigma (x - \bar{x})^2$ समान्तर माध्य से विचलन के वर्गों का योग (sum of squares of deviation from A mean)

N = पदों की कुल सख्या (Total No of items)

उदाहरण : एक वन में से काटे गये 10 वृक्षों का वजन (Kg) निम्न है । इनका प्रमाप विचलन ज्ञात करिये ।

Wt in Kg = 45, 48, 50, 52, 52, 50, 57, 58, 60, 48

हल :

वजन (kg)	समान्तर माध्य (52) से विचलन	विचलनों के वर्ग
	$d = (x - \bar{x})$	$d^2 = (x - \bar{x})^2$
45	— 7	49
48	— 4	16

50	- 2	4
52	0	0
52	0	0
50	- 2	4
57	+ 5	25
58	+ 6	36
60	+ 8	64
48	- 4	16
520		$\Sigma d^2 = 214$

$$\text{सं०मा० } \bar{x} = \frac{\Sigma x}{N} = \frac{520}{10} = 52$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{N}} \text{ or } \sqrt{\frac{214}{10}} = , \sqrt{21.4} = 4.62$$

सघु रीति (Shortcut Method) --

सघु रीति से प्रमाण विचलन ज्ञात करने हेतु निम्न क्रिया विधि अपनाई जाती है -

- (1) प्राप्त मूल्यों में से किसी एक को कल्पित माध्य (Assumed Mean = A) मान लेते हैं।
- (2) कल्पित माध्य (A) से प्रत्येक पद मूल्यों का विचलन ($d_x = x - A$) लेते हैं और उनका योग (Σd_x) निकाल लेते हैं।
- (3) विचलनो (Deviation) के वर्ग करके उनके वर्गों का योग ($\Sigma d^2 x$) कर लिया जाता है।
- (4) निम्न सूत्रों में से किसी एक का उपयोग करके प्रमाण विचलन कर लिया जाता है।

$$(I) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2 x}{N} - \left(\frac{\Sigma d_x}{N}\right)^2}$$

$$(II) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2 x}{N} - (\bar{x} - A)^2}$$

$$(III) \quad \sigma = \frac{1}{N} \sqrt{\Sigma d^2 X - (\Sigma d_x)^2}$$

$$(IV) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2 X - N(\bar{X} - A)^2}{N}}$$

उपरोक्त चारों सूत्रों में से तीसरा सूत्र (III) सबसे सरल व लोकप्रिय है। अतः इसी सूत्र का अधिकतर प्रयोग किया जाता है। प्रयुक्त संकेतों का स्पष्टीकरण निम्न है।

$\sigma =$ प्रमाप विचलन (Standard Deviation)

$\Sigma dx =$ कल्पित माध्य से लिये गये विचलनों का योग
(Sum of deviation from assumed mean)

$\Sigma d^2x =$ कल्पित माध्य से लिये गये विचलनों के वर्गों का योग
(Sum of squares of deviation from assumed mean)

$N =$ पदों की कुल संख्या (Total No. of items)

$A =$ कल्पित माध्य (Assumed mean)

$\bar{x} =$ समान्तर माध्य (Arithmetic mean)

वैकल्पिक रीति -- व्यक्तिगत श्रेणी में प्रमाप विचलन व्यक्तिगत मूल्यों के आधार ($A = 0$ मान कर) पर भी किया जा सकता है। इस रीति के अन्तर्गत सबसे पहले सभी मूल्यों का वर्ग (x^2) ज्ञात किया जाता है तथा उनका योग (Σx^2) किया जाता है वर्गों का माध्य ज्ञात करने हेतु वर्गों के योग (Σx^2) को पदों की कुल संख्या (N) से विभाजित किया जाता है। इस प्रकार प्राप्त $(\frac{\Sigma x^2}{N})$ में से श्रेणी के माध्य का वर्ग $(\bar{x})^2$ घटाकर प्राप्त संख्या का वर्गमूल निकाल लिया जाता है और यह वर्गमूल ही समक श्रेणी का प्रमाप विचलन होता है। सूत्रवत्

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma x^2}{N} - (\bar{x})^2}$$

उदाहरण : एक उद्यान के 10 पौधों की निम्नांकित पत्तियों की संख्या के समको से प्रमाप विचलन (σ) निकालिये।

पत्तियों की संख्या 40 45, 45, 48, 51 55 53, 54,, 59, 60

हल :

पत्तियों की संख्या	$A = 48$ से विचलन	विचलनों के वर्ग	पद मूल्यों के वर्ग
(X)	(dx)	(d ² x)	(x ²)
40	-8	+64	1600
45	-3	9	2025
45	-3	9	2025
48	0	0	2304
51	+3	9	2601
55	+7	49	3025
53	+5	25	2809

54	+ 6	36	2916
59	+ 11	121	3481
60	+ 12	144	3600
510	+ 44 — 14 = + 30 $\Sigma dx = + 30$	466 $\Sigma d^2x = 466$	$\Sigma (x)^2 = 26386$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{N} = \frac{510}{10} = 51$$

विभिन्न सूत्रों के प्रयोग से

$$\begin{aligned}
 \text{(I)} \quad \sigma &= \sqrt{\frac{\Sigma d^2x}{N} - \left(\frac{\Sigma dx}{N}\right)^2} \\
 &= \sqrt{\frac{466}{10} - \left(\frac{30}{10}\right)^2} \\
 &= \sqrt{46.6 - 9} \\
 &= \sqrt{37.6} \\
 \sigma &= 6.13 \text{ leaves}
 \end{aligned}$$

(II) द्वितीय सूत्र के अनुसार

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \sqrt{\frac{\Sigma d^2x}{N} - (\bar{x} - A)^2} \\
 &= \sqrt{\frac{466}{10} - (51 - 48)^2} \\
 &= \sqrt{46.6 - 9} \\
 &= \sqrt{37.6} \\
 \sigma &= 6.13 \text{ leaves}
 \end{aligned}$$

(III) तृतीय सूत्र के अनुसार

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \sqrt{\frac{\Sigma d^2x - N(\bar{x} - A)^2}{N}} \\
 &= \sqrt{\frac{466 - 10(51 - 48)^2}{10}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sqrt{466 - 90}}{10} = \sqrt{\frac{376}{10}} \\
 &= \sqrt{37.6} = 6.13 \text{ leaves}
 \end{aligned}$$

$$\therefore \sigma = 6.13 \text{ leaves}$$

(IV) चतुर्थ सूत्र के अनुसार

$$\begin{aligned}
 \therefore \sigma &= \frac{1}{N} \sqrt{N \sum d^2 X - (\sum dx)^2} \\
 &= \frac{1}{10} \sqrt{466 \times 10 - (30)^2} \\
 &= \frac{1}{10} \sqrt{4660 - 900} \\
 &= \frac{1}{10} \sqrt{3760} \\
 \sigma &= \frac{61.3}{10} = 6.13 \text{ leaves}
 \end{aligned}$$

(V) मूल्यवर्गों के आधार पर

$$\begin{aligned}
 \therefore \sigma &= \sqrt{\frac{\sum x^2}{N} - (\bar{x})^2} = \sqrt{\frac{26386}{10} - (51)^2} \\
 &= \sqrt{2638.6 - 2601} = \sqrt{37.6} \\
 \sigma &= 6.13 \text{ leaves}
 \end{aligned}$$

खण्डित श्रेणी (Discrete series) में प्रमाण विचलन :--

प्रत्यक्ष रीति (Direct Method) :--

- (i) सर्व प्रथम समान्तर माध्य की गणना करते हैं (\bar{x}) ,
- (ii) तत्पश्चात् समान्तर माध्य से विभिन्न पद मूल्यों के विचलन ज्ञात करते हैं।
 $d = (x - \bar{x})$
- (iii) प्रत्येक विचलन का वर्ग निकालते हैं (d^2) ,
- (iv) विचलन के वर्गों को उसकी सम्बन्धित आवृत्ति से गुणा करके गुणनफल का योग करते हैं $(\sum fd^2)$
- (v) सूत्र का प्रयोग करते हैं,

$$\therefore \sigma = \sqrt{\frac{\sum fd^2}{N}}$$

सूत्र में -

$$\sigma^S = \text{प्रमाप विचलन} \quad (\text{Standard Deviation})$$

$$\Sigma fd^2 = \text{विचलन वर्गों व सम्बन्धित आवृत्ति के गुणन फलों का योग} \\ (\text{Sum total of products of squares \& frequencies})$$

$$N = \text{आवृत्तियों का योग} (\text{Total No of Frequencies})$$

लघु रीति (Shortcut Method) :-

यदि समान्तर माध्य पूर्णांक में न होकर दशमलवों में हो तो लघु रीति द्वारा प्रमाप विचलन की गणना अपेक्षा कृत सरल होती है, इसकी गणना निम्न प्रकार से की जाती है :-

- (1) समको में से किसी मूल्य को कल्पित माध्य (A) मान लेते हैं।
- (2) कल्पित माध्य (A) से विभिन्न मूल्यों के विचलन ले लेते हैं $dx = (x - A)$
- (3) विचलनों को सम्बन्धित आवृत्तियों से गुणा करके गुणन फल का योग ($\Sigma f dx$) प्राप्त कर लेते हैं।
- (4) विचलनों व आवृत्तियों के गुणन फल ($f dx$) को पुन विचलनों से गुणा करके प्राप्त गुणनफल ($f dx^2$) का योग ($\Sigma f dx^2$) भी लिया जाता है।
- (5) अन्त में निम्न सूत्रों में से किसी एक का प्रयोग करके प्रमाप विचलन ज्ञात कर सकते हैं।

$$1) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma f dx^2}{N} - \left(\frac{\Sigma f dx}{N}\right)^2}$$

$$2) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma f dx^2}{N} - (\bar{x} - A)^2}$$

$$3) \quad \sigma = \frac{1}{N} \sqrt{\Sigma f dx^2 \cdot N - (\Sigma f dx)^2}$$

$$4) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma f dx^2 - N (\bar{x} - A)^2}{N}}$$

उदाहरण : निम्नांकित समको से प्रमाप विचलन की गणना दोनों रीतियों से करिये।

पौधों की ऊँचाई (cm) (x)	10	20	30	40	50	60	70
आवृत्ति (f)	1	5	11	15	13	4	1

हल :-

प्रमाण विचलन की प्रत्यक्ष विधि से गणना

पौधों की ऊँचाई (cm) (x)	आवृत्ति (f)	विचलन $\bar{x} = 40$ से (d) = (x - \bar{x})	विचलन का वर्ग (d ²)	विचलन × आवृत्ति fd ²	fx
10	1	-30	900	900	10
20	5	-20	400	2000	100
30	11	-10	100	1100	330
40	15	0	00	000	600
50	13	+10	100	1300	650
60	4	+20	400	1600	240
70	1	+30	900	900	70
Total	50		2800	7800	2000

$$\bar{x} = \frac{\sum fx}{N} = \frac{2000}{50} = 40$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum fd^2x}{N}} = \sqrt{\frac{7800}{50}} = \sqrt{156}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{156}}{12.489} \text{ cm}$$

प्रमाण विचलन की लघुविधि से गणना

Size (x)	Frequency (f)	deviation from A=30 (dx)	deviation × Freq. (fdx)	fdx.dfx (fd ² x)	Square of (x) (X) ²	Freq. × (x) ² (fx ²)
10	1	-20	-20	400	100	100
20	5	-10	-50	500	400	2000
30	11	0	0	00	900	9900
40	15	+10	+150	1500	1600	24000
50	13	+20	+260	5200	2500	32500
60	4	+30	+120	3600	3600	14400
70	1	+40	+40	1600	4900	4900
Total	50		500	12800	14000	87800

$$\bar{x} = A + \frac{\Sigma fdx}{N} = 30 + \frac{500}{50} = 40$$

विभिन्न सूत्रों द्वारा प्रमाप विचलन की गणना

$$\begin{aligned} 1) \quad \sigma &= \sqrt{\frac{\Sigma fd^2x}{N} - \left(\frac{\Sigma fdx}{N}\right)^2} = \sqrt{\frac{12800}{50} - \left(\frac{500}{50}\right)^2} \\ &= \sqrt{\frac{12800}{50} - (10)^2} \\ &= \sqrt{256 - 100} \\ &= \sqrt{156} = 12.489 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \sigma &= \sqrt{\frac{\Sigma fd^2x}{N} - (\bar{x} - A)^2} = \sqrt{\frac{12800}{50} - (40 - 30)^2} \\ &= \sqrt{256 - 100} = \sqrt{156} = 12.489 \\ \sigma &= 12.489 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad \sigma &= \frac{1}{N} \sqrt{\Sigma fd^2x \cdot N - (\Sigma fdx)^2} \\ &= \frac{1}{50} \sqrt{12800 \times 50 - (500)^2} \\ &= \frac{1}{50} \sqrt{640000 - 250000} \\ &= \frac{1}{50} \sqrt{390000} \\ &= \frac{624.49}{50} = 12.489 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \quad \sigma &= \sqrt{\frac{\Sigma fd^2x - N(\bar{x} - A)^2}{N}} \\ &= \sqrt{\frac{12800 - 50(40 - 30)^2}{50}} \\ &= \sqrt{\frac{12800 - 5000}{50}} \\ &= \sqrt{\frac{7800}{50}} = 12.489 \\ \sigma &= 12.489 \text{ cm} \end{aligned}$$

सतत श्रेणी (Continuous series) में प्रमाप विचलन :-

सतत श्रेणी में प्रमाप विचलन ज्ञात करने के लिए सर्वप्रथम विभिन्न वर्गों के मध्य बिन्दु (Mid point) ज्ञात कर लिये जाते हैं। मध्य बिन्दु के परिकलन से सतत श्रेणी, खण्डित श्रेणी में परिवर्तित हो जाती है अतः प्रमाप विचलन की गणना के लिए शेष किया व सूत्र वही प्रयुक्त होते हैं जो कि खण्डित श्रेणी हेतु प्रयोग में लाये जाते हैं। सतत श्रेणी में एक अतिरिक्त सूत्र जो कि पद विचलनो पर आधारित है का भी प्रयोग किया जाता है। सतत श्रेणी में प्रमाप विचलन निम्न विधियों द्वारा ज्ञात किया जाता है :-

- (1) प्रत्यक्ष विधि (Direct Method)
- (2) लघु विधि (Shortcut Method)
- (3) पद विचलन विधि (Step Deviation Method)
- (4) योग विधि (Summation Method)

(1) प्रत्यक्ष विधि (Direct Method) :-

सर्व प्रथम समान्तर माध्य (\bar{x}) की गणना की जाती है तत्पश्चात् मध्य बिन्दु (Mid point) में से माध्य को घटाकर विचलन ज्ञात करते हैं। विचलन का वर्ग करके उसे उसकी आवृत्ति से गुणा किया जाता है और

$$\text{सूत्र } \sigma = \sqrt{\frac{\sum fd^2}{N}} \text{ का प्रयोग करते हैं}$$

जहाँ

$$\sigma = \text{Standard Deviation}$$

$$\sum fd^2 = \text{आवृत्ति और विचलन वर्गों के गुणन फलों का योग}$$

$$N = \text{कुल आवृत्ति}$$

लघु विधि (Shortcut Method) :- सतत श्रेणी में प्रमाप विचलन की परिगणना हेतु लघु रीति में उन्ही सूत्रों में से किसी का भी प्रयोग किया जा सकता है जिनका प्रयोग खण्डित श्रेणी में किया जाता है। गणना में मध्य बिन्दु का प्रयोग करते हैं।

$$\text{प्रथम सूत्र } \sigma = \sqrt{\frac{\sum fd^2x}{N} - \left(\frac{\sum fdx}{N}\right)^2}$$

$$\text{द्वितीय सूत्र } \sigma = \sqrt{\frac{\sum fd^2x}{N} - (\bar{x} - A)^2}$$

$$\text{तृतीय सूत्र } \sigma = \sqrt{\frac{\sum fd^2x - N(\bar{x} - A)^2}{N}}$$

$$\text{चतुर्थ सूत्र } \sigma = \frac{1}{N} \sqrt{\sum fd^2x \cdot N - (\sum fdx)^2}$$

उदाहरण :- पिटुनिया के निम्न समको से प्रमाप विचलन तथा उनके गुणों की परिगणना करिए -

No of Flowers	0—2	2—4	4—6	6—8	8—10
No of Plants	2	5	15	7	1

Solution

Calculation of S D by Direct Method

No. of Flowers	No of Plants	Mid value	Deviation from $\bar{x} = 5$	Sq of Deviation	Product of $f.d^2$	$f.x$	Square of mid value	$f.x^2$
(X)	(f)	(X)	(d)	(d ²)	(fd ²)	(fx)	(x ²)	(fx ²)
0—2	2	1	—4	16	32	2	1	2
2—4	5	3	—2	4	20	15	9	45
4—6	15	5	0	0	0	75	25	375
6—8	7	7	+2	4	28	49	49	343
8—10	1	9	+4	16	16	9	81	81
Total	30	—	—	40	96	150	165	846

$$\bar{x} = \frac{\Sigma fx}{N} = \frac{150}{30} = 5 \text{ flowers}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma fd^2}{N}} = \sqrt{\frac{96}{36}} = \sqrt{3.2}$$

$$\sigma = \sqrt{3.2}$$

$$\sigma = 1.788 \text{ Flowers}$$

$$\begin{aligned} \text{Coefficient of S.D} &= \frac{\sigma}{\bar{x}} \\ &= \frac{1.788}{5} = 0.357 \end{aligned}$$

Calculation by Short Cut Method

Flowers (X)	M V (X)	No of Plants (f)	Deviation from $A = 7$ (dx)	Product of f & dx	Product of fdx & dx	Square of (X)	Product of f & (x ²)
(X)	(X)	(f)	(dx)	(fdx)	(fd ² x)	(x ²)	(fx ²)
0—2	1	2	—6	—12	72	1	2
2—4	3	5	—4	—20	80	9	45

4-6	5	15	-2	-30	60	25	375
6-8	7	7	0	0	0	49	343
8-10	9	1	+2	+2	4	81	81
Total	—	30	-10	-60	216	165	846

$$\bar{x} = A + \frac{\sum fdx}{N} = 7 + \frac{-60}{30} = 7 - 2 = 5$$

$$\bar{x} = 5 \text{ Flowers}$$

Standard Deviation

$$\begin{aligned} 1) \quad \sum \sigma &= \sqrt{\frac{\sum fd^2x}{N} - \left(\frac{\sum fdx}{N}\right)^2} \\ &= \sqrt{\frac{216}{30} - \left(\frac{-60}{30}\right)^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \sigma &= \sqrt{7.20 - (2)^2} = \sqrt{3.2} = 1.788 \\ \sigma &= 1.788 \text{ Flowers} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \sum \sigma &= \sqrt{\frac{\sum fd^2x}{N} - (\bar{x} - A)^2} = \sqrt{\frac{216}{30} - (5-7)^2} \\ &= \sqrt{7.2 - (-2)^2} = \sqrt{3.2} = 1.788 \text{ Flowers} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad \sum \sigma &= \frac{1}{N} \sqrt{\sum fd^2x \cdot N - (\sum fdx)^2} \\ &= \frac{1}{30} \sqrt{216 \times 30 - (-60)^2} = \frac{1}{30} \sqrt{6480 - 3600} \\ &= \frac{1}{30} \sqrt{2880} \\ &= \frac{1}{30} \times 53.66 = 1.788 \text{ Flowers} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \quad \sum \sigma &= \sqrt{\frac{\sum fd^2x - N(\bar{x} - A)^2}{N}} \\ &= \sqrt{\frac{216 - 30(5-7)^2}{30}} \end{aligned}$$

$$= \sqrt{\frac{216 - 120}{30}} = \sqrt{\frac{096}{30}} = \sqrt{3.2}$$

$$= 1.788 \text{ Flowers}$$

$$\text{Coefficient of Standard Deviation} = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

$$= \frac{1.788}{5} = 0.3576$$

(3) **पद विचलन विधि (Step Deviation Method) :-** यदि वर्ग-विस्तार समान हो तो कल्पित मध्य बिन्दु से विचलन ज्ञात करते वक्त समान वर्ग विस्तार के बराबर समापवर्तक (Common factor) निकाल लेते हैं। अन्य सभी क्रियाएँ प्रमाण विचलन की लघु विधि समान ही होती हैं।

$$\text{सूत्र } \sigma = i \times \sqrt{\frac{\sum fd^2 x'^2}{N} - \left(\frac{\sum fdx'}{N} \right)^2}$$

सूत्र में $i = 1 =$ समापवर्तक (Common factor) है।

(4) **योग विधि (Summation Method) :-** यदि वर्ग विस्तार (Class interval) समान हो तो प्रमाण विचलन की परिगणना योग विधि द्वारा भी की जा सकती है। गणना क्रिया निम्नानुसार है।

- (i) पहले सचयी आवृत्तियाँ (Cumulative frequencies) बनाकर उनका जोड़ अर्थात् प्रथम सचयी योग (First cumulation total = $\sum cf_1$) निकाल लेते हैं फिर इस योग को कुल आवृत्तियों से विभाजित कर F_1 प्राप्त कर लेते हैं।

$$F_1 = \frac{\sum cf_1}{N} \text{ या } \frac{\text{प्रथम सचयी योग}}{\text{आवृत्तियों का योग}}$$

- (ii) इसी प्रकार सचयी आवृत्तियों के आधार पर द्वितीय सचयी योग (Second cumulation total = $\sum cf_2$) निकाल लेते हैं। इस योग में कुल आवृत्तियों का भाग देकर F_2 प्राप्त करते हैं।

$$F_2 = \frac{\sum cf_2}{N} \text{ या } \frac{\text{द्वितीय सचयी योग}}{\text{आवृत्तियों का योग}}$$

- (iii) निम्न सूत्र का प्रयोग कर प्रमाण विचलन ज्ञात करते हैं।

$$\sigma = i \times \sqrt{2F_2 - F_1 - (F_1)^2}$$

यहाँ $\sigma =$ Standard Deviation

i = Class interval (वर्ग विस्तार)

F_1 = First cumulation total divided by total no of items

F_2 = Second cumulation total divided by total no of items

व्यवहार में इस रीति का प्रयोग बहुत कम किया जाता है।

उदाहरण :-- निम्न आवृत्ति वितरण में प्रमाप विचलन (i) पद विचलन व (ii) योग विधि द्वारा ज्ञात करिये

Age (yrs)	1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30
No of Plants	2	3	7	10	5	3

हल . --

Age (Yrs)	M V	Freq	By Step Deviation			By Summation	
			(d'X) A = 13 i = 5	fdx'	fd ² x'	First cumu- lation cf ₁	Second cumu- lation cf ₂
1—5	3	2	—2	—4	8	2	2
6—10	8	3	—1	—3	3	5	7
11—15	13	7	0	0	0	12	19
16—20	18	10	+1	10	10	22	41
21—25	23	5	+2	10	20	27	68
26—30	28	3	+3	9	27	30	98
Total	—	30	—	22	68	98	235

प्रमाप विचलन पद विचलन विधि द्वारा

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{1}{N} \sqrt{\sum fd^2x' \cdot N - (\sum fdx')^2} \\
 &= \frac{5}{30} \sqrt{68 \times 30 - (22)^2} \\
 &= \frac{5}{30} \sqrt{2040 - 484} = \frac{5}{30} \sqrt{1556} \\
 &= \frac{5}{30} \times 39.45 = 6.57 \text{ yrs} \\
 \therefore \sigma &= 6.57 \text{ yrs}
 \end{aligned}$$

योग विधि द्वारा प्रमाप विचलन

$$F_1 = \frac{\Sigma cf_1}{\Sigma f} = \frac{98}{30} = 3.267$$

$$F_2 = \frac{\Sigma cf_2}{\Sigma f} = \frac{235}{30} = 7.833$$

$$\begin{aligned} S \sigma &= 1 \times \sqrt{2F_2 - F_1 - (F_1)^2} \\ &= 5 \times \sqrt{2 \times 7.833 - 3.267 - (3.267)^2} \\ &= 5 \times \sqrt{15.666 - 3.267 - 10.673} \\ &= 5 \times \sqrt{1.726} \\ &= 5 \times 1.314 \\ &= 6.57 \text{ yrs} \end{aligned}$$

विचरण गुणांक (Coefficient of variation) :-- विचरण गुणांक एक सापेक्ष माप (Relative measure) है। इसका प्रतिपादन कार्ल पियरसन (Karl Pearson) ने 1895 में किया था। अतः इसे कार्ल पियरसन का विचरण गुणांक भी कहते हैं। कार्ल पियरसन के अनुसार “विचरण गुणांक माध्य में होने वाला प्रतिशत विचरण है जबकि प्रमाप विचलन को माध्य में होने वाला सम्पूर्ण विचरण माना जाता है।”

दो या अधिक श्रेणियों में अपकरण की मात्रा की तुलना करने के लिए विचरण गुणांक का प्रयोग किया जाता है। विचरण गुणांक ज्ञात करने हेतु प्रमाप विचलन के गुणांक को 100 से गुणा कर देते हैं तो यह विचरण गुणांक कहलाता है।

सूत्रानुसार :--

$$\text{Coefficient of variation} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$$

प्रमाप विचलन के गुण (Merits of Standard Deviation)

- (1) **समस्त पदों पर आधारित :** — प्रमाप विचलन श्रेणी के समस्त पदों पर आधारित होता है।
- (2) **निश्चित व स्पष्ट माप :** — प्रमाप विचलन स्पष्ट व निश्चित माप है। इसे प्रत्येक स्थिति में मापा जा सकता है।
- (3) **प्रतिषेधन परिवर्तनों का न्यूनतम प्रभाव :** — आकस्मिक परिवर्तनों का सबसे कम प्रभाव पड़ता है।
- (4) **उच्चतर बीज गणितीय अध्ययन में प्रयोग :** — प्रमाप विचलन की गणना के लिए विचलनों के वर्ग बनाये जाते हैं, फलस्वरूप सभी पद घनात्मक हो जाते हैं। अतः इसका अग्रिम विवेचन भी किया जा सकता है।

- (5) **उपयोगिता:**— विभिन्न श्रेणियों के विचरणशीलता की तुलना करने, मापों की अर्थपूर्णता की जाँच करने, वितरण सीमाएँ निर्धारित करने आदि में प्रमाप विचलन अपकिरण का सर्वश्रेष्ठ माप माना जाता है।
- (6) **निर्वचन की सुविधा:**— निर्वचन की सुविधा के कारण श्रेणी की आकृति को समझना सरल होता है।

प्रमाप विचलन के दोष (Demerits of S.D.)

- (1) **जटिल परिगणना:**— प्रमाप विचलन की गणना क्रिया अपेक्षाकृत कठिन व जटिल है। क्योंकि इसमें विचलनों के वर्ग और फिर उसके औसत का वर्गमूल ज्ञात करना सरल गणितीय क्रिया नहीं है।
- (2) **चरम मूल्यों से प्रभावित:**— प्रमाप विचलन पर चरम पदों का अधिक प्रभाव पड़ता है। क्योंकि इसे ज्ञात करने में मूल्यों के विचलन लिये जाते हैं और फिर उन विचलनों के वर्ग ज्ञात किये जाते हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न

- (1) अपकिरण की परिभाषा दीजिए तथा इसके विभिन्न माप लिखिये।
- (2) अपकिरण के मापों के रूप में विस्तार, माध्य विचलन और प्रमाप विचलन के गुण व दोषों की विवेचना करिये।
- (3) माध्य विचलन व प्रमाप विचलन की तुलना करिये।
- (4) सज्जित टिप्पणियाँ लिखिये।

(a) अपकिरण गुणांक (Coefficient of Dispersion)

(b) विचरण गुणांक (Coefficient of variation)

(c) प्रसरण (Variance)

- (5) एक कृषक के उत्पादन सम्बन्धी निम्न समूहों से मध्यक, माध्य विचलन तथा उसके गुणांक का परिकलन करिये।

(a) 3000 Q, 4000, 4200, 4400, 4600, 4800, 5800 Q

(b) 4000 Q, 4200; 4,400; 4600; 4,800 Q

उत्तर (a) $M = 4400$; $\delta M = 571.41$, C of $\delta M = 0.129$

(b) $M = 4400$; $\delta M = 240$, C of $\delta M = 0.055$

- (6) एक क्वाटी में विभिन्न साईज के पीपे निम्न आवृत्ति बटन में पाये जाते हैं तो उनका माध्य विचलन एवं उसके गुणांक की गणना करिये।